

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA
FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
VIADUTO COM TERRA ARMADA - UMA ALTERNATIVA PARA
DIMINUIR O CONGESTIONAMENTO NO ACESSO AO MUNICÍPIO DE
GARUVA-SC**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2016

DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA
FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
VIADUTO COM TERRA ARMADA - UMA ALTERNATIVA PARA
DIMINUIR O CONGESTIONAMENTO NO ACESSO AO MUNICÍPIO DE
GARUVA-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jair Ferreira de Almeida

Co-orientador: Prof. MSc. Amacin Rodrigues Moreira

CURITIBA

2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM VIADUTO COM TERRA ARMADA - UMA ALTERNATIVA PARA DIMINUIR O CONGESTIONAMENTO NO ACESSO AO MUNICÍPIO DE GARUVA-SC

Por

Daiane Cristina do Amaral Costa e Fabiula Pietzak Ferreira da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, defendido e aprovado em 22 de junho de 2016, pela seguinte banca de avaliação:

Jair Ferreira de Almeida, Dr.
Orientador
UTFPR

Amacin Rodrigues Moreira, MSc.
Co-orientador
UTFPR

Adauto José Miranda de Lima, Dr.
UTFPR

AGRADECIMENTOS

À todos os envolvidos neste trabalho, nosso mais sinceros agradecimentos.

Por todo o tempo e atenção dedicada, pela paciência investida, e pela disposição em compartilhar o conhecimento, gostaríamos de reverenciar os professores Dr. Jair Ferreira de Almeida e MSc. Amacin Rodrigues Moreira.

Nossos agradecimentos também à empresa AAD Projetos, Consultoria e Engenharia Ltda, por nos receber de portas abertas, nos orientando e disponibilizando materiais fundamentais à conclusão deste estudo.

Aos nossos familiares, presentes em todos os momentos, nos incentivando e nos apoiando a cada passo desta jornada, nos animando nos momentos em que pensamos em desistir, e aos amigos que colaboraram com a conclusão desta fase, nos apoiando e incentivando a continuar nesta caminhada, nosso muito obrigada.

RESUMO

COSTA, Daiane C. A., SILVA, Fabiula P. F. **Estudo de viabilidade técnica da implantação de um viaduto com terra armada - uma alternativa para diminuir o congestionamento no acesso ao município de Garuva-SC.** 2016. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2016.

Anualmente, entre os meses de dezembro e fevereiro, a procura de milhares de turistas pelas praias catarinenses e paranaenses provoca grandes congestionamentos no acesso ao município de Garuva-SC. Com o intuito de diminuir os congestionamentos na região, o presente trabalho aborda o levantamento dos dados necessários e o estudo de implantação de um viaduto com terra armada. Foram agrupados neste estudo os levantamentos topográficos da região, estudos de tráfego, estudo do projeto geométrico, estudos de desvios durante a obra, previsões de sinalizações locais, além da estimativa de materiais e custos para a execução da obra de arte na região. A partir dos projetos básicos pode-se concluir que a implantação do viaduto é tecnicamente viável, considerando-se a desapropriação da faixa de domínio. Encontram-se nos apêndices todos os projetos desenvolvidos ao final do trabalho.

Palavras-chave: Garuva-SC. Viaduto. Terra armada

ABSTRACT

COSTA, Daiane C. A., SILVA, Fabiula P. F. **Technical feasibility study of the implementation of an overpass with reinforced earth - an alternative to reduce traffic jam in the access to the city of Garuva-SC.** 2016. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2016.

Every year, between December and February, thousands of tourists travel to Santa Catarina and Parana coasts, causing great traffic jams at the access to Garuva city, in Santa Catarina. With the purpose of solving this problem, this paper deals with the collection of required data and the study of deployment of an overpass with reinforced earth. This study presents the topographical surveys of the region, traffic studies, study of geometric design and study of the traffic diversion during the construction, forecasts of local signals, as well as materials and cost estimate for the implementation of the work of art in the region. From the basic designs, it can be concluded that the implementation of the overpass is technically feasible, considering the expropriation of the right of way. All the developed projects are located in the Appendices at the end of the paper.

Keywords: Garuva-SC. Overpass. Reinforced earth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de interseções em nível.....	15
Figura 2: Trevo interseção das BR-476 e BR-376, Curitiba-PR	16
Figura 3: Interseção em Y entre a BR-277 e a Rodovia do Xisto, Curitiba-PR	17
Figura 4: Interconexão em diamante simples.....	17
Figura 5: Tipos de curvas horizontais.....	22
Figura 6: Elementos de parábola de 2º grau composta.....	24
Figura 7: Seção tipo para rodovias classe IB, II, III e IV	24
Figura 8: Muralha da China	29
Figura 9: Ziggurats	29
Figura 10: Sistema de contenção de terra armada	31
Figura 11: Elementos de reforços (fitas metálicas)	32
Figura 12: Painéis retangulares.....	33
Figura 13: Painéis cruciformes	33
Figura 14: Exemplo de pontos de suspensão de um painel.....	34
Figura 15: Fixação dos elementos de reforços (tiras metálicas)	34
Figura 16: Exemplo de muro de greide	36
Figura 17: Exemplo de muro pé de talude	36
Figura 18: Exemplo de muro portante	37
Figura 19: Exemplo de muro de britagem	37
Figura 20: Exemplo de muro em área alagada	38
Figura 21: Viaduto da Avenida Victor Ferreira do Amaral - Curitiba, PR.....	40
Figura 22: Construção das rampas de acesso em terra armada - Curitiba, PR	41
Figura 23: Viaduto estaiado - Curitiba, PR	41
Figura 24: Plataforma de ponte ou viaduto com duas faixas de tráfego.....	42
Figura 25: Indicação da interseção entre as Avenidas Paraná e Celso Ramos	45
Figura 26: Localização da estação total	46
Figura 27: Pontos do levantamento topográfico	47
Figura 28: Dados obtidos na estação total: indicação de azimute, inclinação vertical, distâncias horizontal e vertical.....	48
Figura 29: Dados obtidos na estação total: indicação de azimute, inclinação vertical, distâncias horizontal e inclinada.....	48

Figura 30: Dados obtidos na estação total: indicação das coordenadas leste, norte e altura do ponto em relação à referência inicial	48
Figura 31: Curvas de nível	58
Figura 32: Estaqueamento das vias	59
Figura 33: Indicação da geometria das rampas (unidades em metros).....	60
Figura 34: Curva de concordância horizontal traçada pelo AutoCAD civil 3D	61
Figura 35: Camadas do pavimento - medidas em cm	62
Figura 36: Desvios de tráfego durante a execução da obra.....	63

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1: Parâmetros geométricos para obras de arte especiais em rodovias de classe de projeto II	50
Tabela 2: Comprimento de faixas de mudança de velocidade	51
Tabela 3: Dados utilizados sobre o estudo de tráfego em Santa Catarina.....	53
Tabela 4: Valores obtidos através do levantamento topográfico	56
Tabela 5: Quantitativo e orçamento de projeto.....	66
Quadro 1: Indicação das sinalizações utilizadas na implantação da obra de arte...	64

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBR	California Bearing Ratio
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
DAER	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem
DEINFRA	Departamento Estadual de Infraestrutura
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Norma Brasileira Registrada
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
SICRO	Sistema de Custos Rodoviários

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3.	CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	INTERSEÇÕES	15
2.2	VIADUTOS E PONTES	18
2.3	IMPLANTAÇÃO DA OBRA	20
2.3.1	Levantamento topográfico	20
2.3.2	Faixa de domínio	21
2.3.3	Parâmetros hidrológicos	21
2.4	PROJETO GEOMÉTRICO	22
2.5	PARÂMETROS EXECUTIVOS E DE SEGURANÇA	24
2.6	ESCOLHA DO TIPO ESTRUTURAL	25
2.7	ESTUDO DE TRÁFEGO	25
2.8	FUNDAÇÕES	26
2.9	SISTEMAS DE CONTENÇÃO	27
2.10	SISTEMA DE CONTENÇÃO COM TERRA ARMADA	28
2.10.1	Definição	28
2.10.2	Breve Histórico	28
2.10.3	Elementos constituintes	30
2.10.3.1	Elementos de reforços	31
2.10.3.2	Painéis	32
2.10.3.3	Material de aterro	34

2.10.4	Aplicações.....	35
2.10.5	Processo construtivo.....	38
2.10.6	Vantagens do sistema de terra armada	39
2.10.7	Exemplos de viadutos construídos com terra armada	40
2.11	PISTA DE ROLAMENTO E PAVIMENTAÇÃO	41
2.12	DRENAGEM	43
2.13	SINALIZAÇÃO	44
2.14	SERVIÇOS COMPLEMENTARES.....	44
2.14.1	Passeio de pedestres	44
3	METODOLOGIA	45
3.1	LOCAL DE ESTUDO.....	45
3.2	IMPLANTAÇÃO DA OBRA.....	45
3.2.1	Faixa de domínio.....	49
3.3	PROJETO GEOMÉTRICO	49
3.4	PARÂMETROS EXECUTIVOS	52
3.5	ESTUDO DE TRÁFEGO	52
3.6	FUNDAÇÕES.....	53
3.7	MATERIAIS	53
3.7.1	Rampas em terra armada	53
3.8	PAVIMENTAÇÃO.....	54
3.9	DRENAGEM.....	54
3.10	SINALIZAÇÃO	54
3.11	SERVIÇOS COMPLEMENTARES.....	55
3.11.1	Passeio de pedestres	55
3.12	DESENHOS	55
3.13	QUANTITATIVO E CUSTOS	55
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56

4.1	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	56
4.2	PROJETO GEOMÉTRICO.....	58
4.2.1	Perfis verticais.....	61
4.2.2	Seções.....	61
4.3	IMPLANTAÇÃO.....	62
4.4	PAVIMENTAÇÃO.....	62
4.5	PARÂMETROS EXECUTIVOS.....	62
4.6	SINALIZAÇÃO.....	63
4.7	QUANTITATIVO E ORÇAMENTO.....	65
5	CONCLUSÃO.....	69
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70
	APÊNDICES.....	76

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Garuva localizada no estado de Santa Catarina foi fundada há 50 anos e possui cerca de 16 mil habitantes. O município é acesso às praias do litoral paranaense e ao estado de Santa Catarina, com destaque ao município de Itapoá, cidade com crescimento exponencial nos últimos anos devido a implantação do Porto Itapoá, terminal privativo de uso misto localizado na Baía de Babitonga (MUNICÍPIO DE GARUVA, 2014).

Anualmente, entre os meses de dezembro e fevereiro, a procura de milhares de turistas pelas praias catarinenses e paranaenses causa grandes congestionamentos no acesso ao município, realizado pela Avenida Paraná. Tal avenida é também umas das principais vias do centro da cidade com tráfego intenso de veículos e semáforos por toda sua extensão. Com a implantação do Porto Itapoá em 2010, o tráfego de caminhões aumentou significativamente, piorando os congestionamentos já comuns no trecho.

Na tentativa de minimizar os congestionamentos provocados pelo tráfego intenso na região e facilitar o acesso de caminhões ao porto, o estado de Santa Catarina deu início às obras da rodovia SC-417. A nova rodovia (ou “Contorno Sul” como é conhecida), possui nove quilômetros de extensão, duas faixas de 3,75 metros de largura cada, acostamentos, e três obras de arte: o viaduto de interseção com a BR-101 e duas pontes sobre rios estaduais. O trecho liga a BR-101 à cidade de Itapoá, via Garuva. O valor inicial do contrato foi de aproximadamente 27 milhões de reais, com prazo de 25 meses para conclusão da obra (SOTEPA, 2013).

Em janeiro de 2015 o tráfego pela nova rodovia foi liberado e caminhões foram proibidos de usar o antigo acesso pela Avenida Paraná, no centro de Garuva. Entretanto, os congestionamentos continuam a ocorrer nos dias de maior procura pelas praias na alta temporada. Grande parte do problema encontra-se no semáforo posicionado logo na entrada do município, no cruzamento entre a Av. Paraná e a Av. Celso Ramos.

Por se tratar de uma interseção com tráfego intenso de veículos nas duas pistas, uma alternativa para melhorar o fluxo de veículos seria a construção de um viaduto, obra de arte amplamente utilizada em todo país. Curitiba, em 2008, por exemplo, possuía 41 viadutos (GAZETA DO POVO, 2008).

Pela região do cruzamento entre a Av. Paraná e a Av. Celso Ramos apresentar diversos pontos comerciais, a construção de um viaduto com terra armada poderá ser uma das melhores opções, principalmente pela técnica ocupar uma menor área de construção devido à eliminação de taludes laterais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade técnica da implantação de um viaduto com rampas de acesso construídas com sistema terra armada e tabuleiro em concreto armado, no município de Garuva - SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Levantar os dados necessários para elaboração do projeto geométrico do viaduto;
- Executar o projeto geométrico do viaduto, indicando sinalizações e soluções de conflitos na região;
- Levantar quantitativos e estimar os custos da construção do viaduto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido ao tráfego intenso de veículos na região, a simples remoção do semáforo para diminuir os congestionamentos não é viável pois aumentaria os riscos de acidentes no local. Sendo assim, propõe-se a execução de um viaduto com acessos em aterros de terra armada na interseção entre as Avenidas Paraná e Celso Ramos.

Devido às suas características construtivas, tal viaduto e acessos não necessitam de taludes laterais e inferior à obra, não obstruindo assim vias e

calçadas que margeiam a avenida e reduzindo o vão do tabuleiro do viaduto. A execução de tal projeto poderia apresentar tempo e custo reduzidos se realizados com concreto armado, além das rampas de acesso com sistema de terra armada.

1.3. CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos, sendo um primeiro capítulo de introdução e o último, as conclusões. Ao final do trabalho também encontram-se os Apêndices com os projetos desenvolvidos.

No segundo capítulo é apresentado um breve referencial teórico e contextualização dos assuntos abordados ao longo do trabalho.

No terceiro capítulo são referidos os procedimentos e normas para a realização dos projetos.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados obtidos.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

E após as referências, nos apêndices, encontram-se o projeto geométrico, as representações dos perfis e seções e o projeto de sinalização.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTERSEÇÕES

Interseções são definidas como a área em que uma ou mais vias se cruzam ou se unificam. Podem ser em nível ou desnível. A escolha do tipo da interseção deve avaliar dados funcionais como tipo da via, físicos como a topografia do terreno, volume e composição de tráfego, os tipos de acidentes ocorridos na região e o investimento econômico disponível para a construção e manutenção (PONTES FILHO, 1998).

Interseções em nível ocorrem quando os greides da via se coincidem por uma determinada extensão das vias. São classificadas de acordo com o número de ramos que interceptam-se na região, podendo ser de três, quatro ou múltiplos ramos, conforme Figura 4:

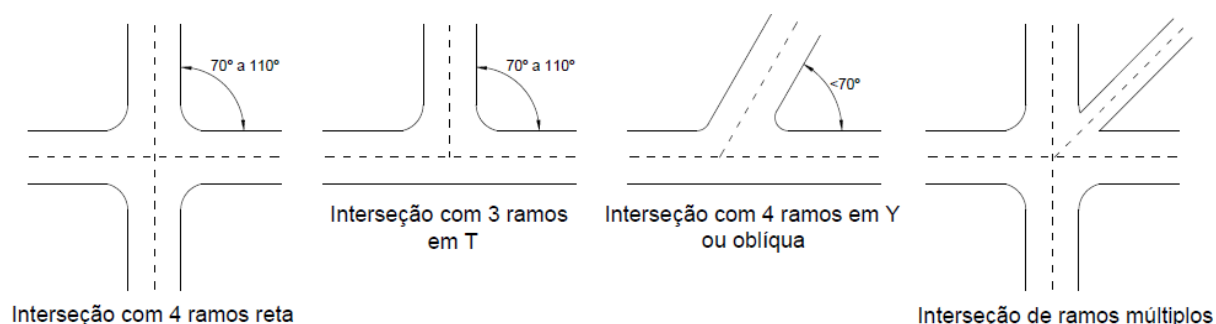


Figura 1: Tipos de interseções em nível
Fonte: Adaptado de Pontes Filho (1998)

Esses tipos de interseções ocasionam pontos de conflito nos locais onde o fluxo principal de veículos sofre interferência de outros fluxos, durante manobras de conversão, cruzamentos e divergências. Para melhorar estes conflitos, podem ser realizados processos de canalização de tráfego por meios de marcadores horizontais na pista, ordenando os movimentos e aumentando a segurança e eficiência do tráfego no local. A canalização tem como objetivos separar os conflitos entre veículos, controlar os ângulos de suas trajetórias, proteger os pedestres e controlar a velocidade dos veículos (PONTES FILHO, 1998).

As interseções em desnível ou interconexões possuem rampas de conexão entre as vias que se cruzam e uma obra de arte separando as vias

verticalmente. Assim, os tráfegos não possuem interferências diretas entre si. São aplicáveis em situações onde o risco de acidentes é elevado, onde há pontos de estrangulamento do tráfego ou congestionamentos elevados. Possuem vários tipos, sendo o mais simples constituído de uma rampa coletora entre duas rodovias.

Os tipos mais comuns de interconexões são:

- a) **Trevos:** Possuem rampas direcionais para todas as saídas à direita, e laços para as conversões à esquerda. Podem apresentar congestionamento nos trechos localizados entre laços. Permite um fluxo contínuo e natural em todos os movimentos, não exige sinalização semafórica, e sua construção não permite manobras erradas na via. Por outro ponto, exige uma grande área e acessos separados para a via de cruzamento (PONTES FILHO, 1998). Na Figura 5 apresenta-se o trevo entre as BR-476 e BR-376, em Curitiba-PR.



Figura 2: Trevo interseção das BR-476 e BR-376, Curitiba-PR
Fonte: Google Earth (2016).

- b) “T” e “Y”: Possuem 3 ramos e rampas direcionais ou semi direcionais para apenas uma aproximação. Apresenta alta capacidade de tráfego e necessita de somente uma obra de arte (PONTES FILHO, 1998). Na Figura 6 observa-se a interconexão na saída da BR-277 para a Rodovia do Xisto em Curitiba-PR.

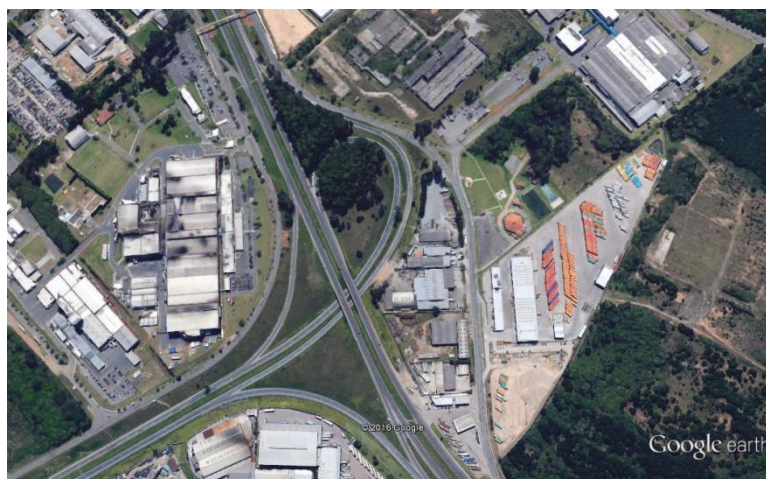


Figura 3: Interseção em Y entre a BR-277 e a Rodovia do Xisto, Curitiba-PR
Fonte: Google Earth (2016).

- c) Diamante: Possuem uma saída antes da via de cruzamento e uma entrada simples após o cruzamento. Possui uma estrutura relativamente econômica e requer pouco espaço. Entretanto, apresenta muitos conflitos na via secundária para veículos que desejem virar a esquerda, conforme visto na Figura 7 (PONTES FILHO, 1998).

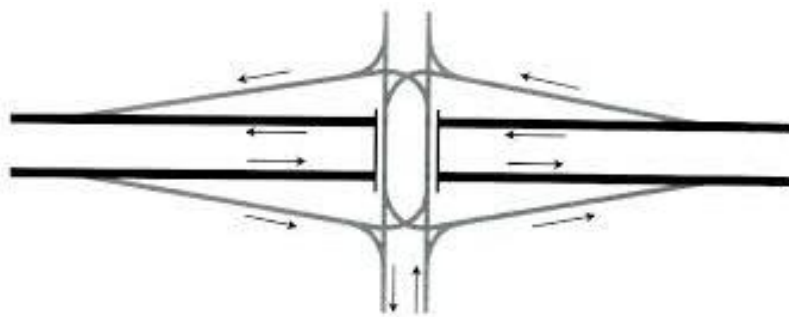


Figura 4: Interconexão em diamante simples
Fonte: Pontes Filho (1998).

Para a maioria das interconexões, o acesso a via de cruzamento são interseções em nível, acessadas por meio de rampas marginais à rampa. Para tais, é necessário prever faixas de mudança de velocidade para que os tráfegos principais não sofram interferências. No início e no fim destas introduz-se um trecho de largura variável, denominado de “teiper”. Os comprimentos das faixas de aceleração e desaceleração, e o comprimento do teiper para as diversas velocidades das vias são definidas nas tabelas 48 e 49 no Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005).

2.2 VIADUTOS E PONTES

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), viaduto ou ponte é uma “estrutura, inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros.” (DNIT, 2004).

Atualmente, as tecnologias mais utilizadas na construção de viadutos e pontes são cimbres ao solo, avanços sucessivos, métodos dos segmentos empurrados, vigas de lançamento e peças pré-fabricadas.

O projeto do viaduto deve seguir as especificações contidas no manual de projetos de artes especiais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atual DNIT. Segundo este, os dados necessários para o projeto de um viaduto podem ser divididos em dois grandes grupos: “Elementos de campo” e “Elementos básicos de projeto” (DNER, 1996).

Além desta divisão, o segundo tomo do volume 4 do Manual de Custos Rodoviários do DNIT (2003) descreve os itens e serviços que compõem o orçamento de obras de arte especiais em rodovias, incluindo os viadutos e pontes.

O serviço inicial do orçamento de obras de arte é a escavação para cavas de fundação e é medida considerando o volume de terra retirado. Seguindo a sequência, o escoramento de forma é a estrutura provisória utilizada para sustentar o concreto até a sua cura. Pode ser de madeira ou metal. Sua função é transmitir as cargas de solicitação ao solo, impedindo uma deformação sensível. Devem ser medidos pelo volume “determinado pela projeção do tabuleiro e altura compreendida

entre os planos inferiores da estrutura escorada e o terreno, em metros cúbicos, ou em área de tabuleiro nos casos específicos de escoramentos superiores. ” (DNIT, 2003).

O concreto utilizado nas obras de arte especiais poderá ser feito no local por betoneiras, ou adquirido de centrais de concreto. Para este segundo caso, a composição utilizada para orçamento deverá ser a mesma descrita no tomo 1 do Manual de Custos Rodoviários do DNIT, para pavimentos rígidos de concreto. Sua medição deverá ser por volume de projeto, a ser confirmado pelos valores de volume lançado no local. As armaduras para concreto armado deverão ser executadas seguindo projeto elaborado por profissional habilitado e capacitado, sendo medida em quilogramas.

Para as formas comuns de madeira deverão ser considerados todos os materiais utilizados como pregos, painéis de madeiras e desmoldantes, além da mão de obra para sua execução. Sua medição é feita por metro quadrado de superfície preparada para receber diretamente o concreto, ou seja, as soma das áreas das faces dos elementos estruturais de projeto. Poderão ser também utilizadas formas de placa de compensados. As placas de compensado também são amplamente utilizados e poderão ser comuns ou com revestimento plastificado, em casos em que se deseja um melhor acabamento à superfície do concreto.

Compõe ainda o orçamento as formas para tubulões, estacas metálicas cravadas, incluindo o custo com soldas, cortes, emendas e equipamentos utilizados, as estacas de concreto que podem ser pré-moldadas, produzidas *in loco* ou pré-fabricadas, ou ainda com o método tipo Franki, moldadas no local.

Os tubulões são um tipo de fundação onde há a perfuração de um poço até o nível de um extrato rochoso ou de solo com alta capacidade de carga existente no local. A cava é então concretada, criando-se um pilar. Os riscos durante sua escavação são muito grandes, exigindo assim profissionais habilitados para execução e monitoramento do mesmo.

Deverão ser previstos no orçamento os cabos para concreto protendido, os aparelhos de apoio em neoprene para amortecer os esforços sofridos pelo apoio, e os serviços diversos, como guarda-corpo, juntas, apiloamento, reaterro e compactação, pintura, drenos e sinalizações.

2.3 IMPLANTAÇÃO DA OBRA

De acordo com o manual de projetos de obras de arte especiais do DNER (1996), os parâmetros utilizados na fase de implantação da obra devem englobar os levantamentos topográficos da região, incluindo perfis longitudinais do terreno, planta topográfica com curvas de nível, limites de divisa e qualquer obstáculo ou instalação a ser vencido ou realocado.

Neste estudo prévio, deve ser incluído a análise detalhada da transição obra de arte e rodovia, de modo que as saias de aterro ou rampas de acesso não prejudiquem as condições iniciais de funcionamento, uso e acesso ao local.

Deve-se observar os parâmetros hidrológicos da região, como níveis de água, regimes de secas e enchentes, e demais condições que afetem a estrutura em caso de transposição de rios e córregos.

Os parâmetros geológicos e geotécnicos devem ser levantados por meios de sondagem nos locais exatos de cada um dos elementos de fundação. As sondagens deverão seguir as respectivas normas brasileiras vigentes da ABNT e da Associação Brasileira de Geologia e Engenharia.

2.3.1 Levantamento topográfico

Segundo a NBR 13133 (ABNT,1994) o levantamento topográfico é um conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos e distâncias com instrumento adequado, determina as coordenadas topográficas de pontos de apoio no terreno, convenientemente distribuídos e devidamente marcados. A estes pontos associam-se características importantes dos acidentes naturais e/ou artificiais, definidores da forma do detalhe e/ou do relevo, visando uma exata representação planimétrica numa escala predeterminada e uma representação altimétrica através de curvas de nível.

Para projetos de obras de arte especiais os levantamentos topográficos devem permitir o traçado do perfil longitudinal do terreno, a execução de planta topográfica do trecho em que será implantada a obra, os estudos detalhados da transição obra de arte-rodovia e o conhecimento de todas as condições topográficas de implantação das fundações (DNER, 1996).

2.3.2 Faixa de domínio

A definição de faixa de domínio é dada como sendo “[...] a área de terras determinada legalmente por Decreto de Utilidade Pública para uso rodoviário sendo ou não desapropriada [...]” (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA, 2010). A largura das faixas de domínio podem ser definidas a partir de decretos ou de acordo com o projeto de implantação da rodovia. Para rodovias que não possuem faixa de domínio determinadas, o DEINFRA - SC define que esta será de quinze metros para ambos os lados do eixo da rodovia, do início até o seu término.

A utilização da faixa de domínio é liberada para alguns usos particulares e comerciais, como acessos a propriedades, pequenos comércios e estacionamentos, instalações como linhas de fibra de ótica, dutos, redes de esgoto e água, tubulações diversas e redes aéreas.

Entretanto, o DEINFRA pode solicitar a desapropriação da faixa de domínio para a execução de obras de melhoramento como alargamento das pistas, pavimentação das vias, construção de variantes e outros, se houver necessidade de remover a posteação, dutos ou qualquer outro equipamento, ou alterar as condições geométricas da via, sendo a carga do titular da permissão ou autorização os gastos com a desapropriação e remanejamento das instalações (DEINFRA, 2010). A existência ou não de pagamento de indenizações costuma ser julgado caso a caso de acordo com as consequências da desapropriação ao dono do imóvel.

2.3.3 Parâmetros hidrológicos

Os parâmetros hidrológicos citados no manual de obras de arte especiais do DNER referem-se basicamente à seções de transposição de rios e córregos, não sendo aplicados ao presente trabalho. Os demais parâmetros são referências para cálculos de drenagem das vias e para dimensionamento do pavimento, item descrito com maiores detalhes à frente.

2.4 PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico da via deve considerar todos os elementos da região, como curvas e suas concordâncias, elementos de greide, gabaritos das pistas inferior e superior e pistas de rolamento, velocidades e distâncias de visibilidade, seguindo as inclinações e demais condições descritas no Quadro 1 do Manual de projeto de artes especiais do DNIT (1996).

As curvas de concordância podem ser divididas em horizontais e verticais. Curvas de concordância horizontais são elementos utilizados para a ligação de dois segmentos retos da estrada, porém com deflexões diferentes. São classificadas em curvas simples, compostas com transição e compostas sem transição.

As curvas simples possuem apenas um elemento de arco de círculo integrado, seguindo preferencialmente as recomendações do DNIT sobre raio mínimo, superelevação e superlargura. As curvas compostas com transição, possuem além do elemento de arco um radióide para auxiliar a concordância dos segmentos. As curvas compostas sem transição possuem dois ou mais arcos de raios diferentes em sua composição (PONTES FILHO, 1998). As diferenças entre os tipos de curvas horizontais pode ser vista na Figura 1.

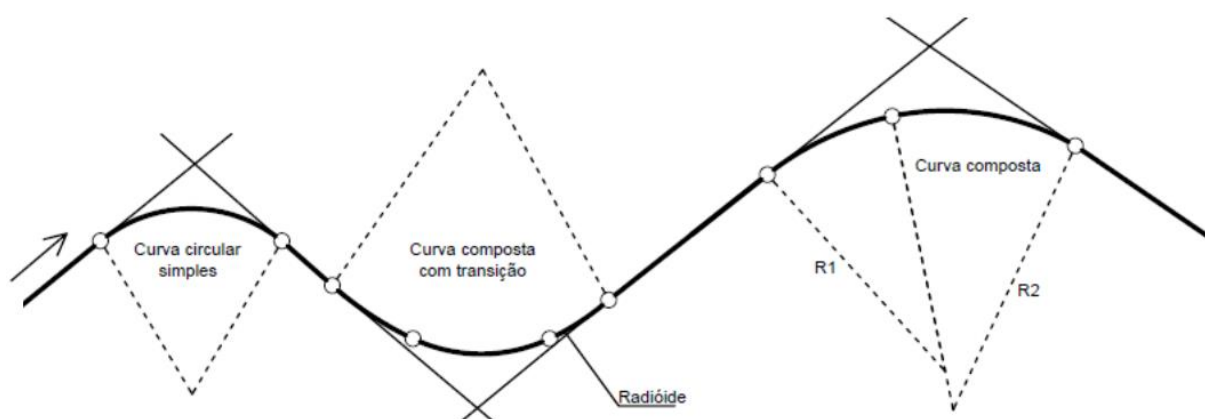


Figura 5: Tipos de curvas horizontais
Fonte: Adaptado de Pontes Filho (1998)

O cálculo manual das concordâncias de curvas horizontais levam em consideração os pontos de início e fim de curva, ponto de interseção dos segmentos, raio de curvatura mínimo recomendado por norma, os pontos tangentes, flechas e afastamentos. Entretanto, atualmente alguns *softwares* já são capazes de

realizar a concordância dos segmentos automaticamente a partir do traçado do eixo da rodovia, e da inserção de dados como tipo de curva e raio do arco e espiral.

O projeto contendo os perfis natural do terreno e os perfis de implantação da via são denominados greides. O greide possui os dados do levantamento planialtimétrico, combinados com os dados de traçado da rodovia, permitindo visualizar volumes de corte e aterro necessários para a execução da obra a partir dos perfis longitudinais do terreno. Além disso, a partir do greide é possível analisar as inclinações das rampas, a concordância vertical das curvas, os vãos livres necessários para transposição de outras vias ou cursos de água, cuidados com a drenagem superficial e para garantir condições de visibilidade do usuário (PONTES FILHO, 1998).

Para cada classe de projeto da rodovia, o DNIT recomenda valores máximos de inclinações de rampas. Para valores de curvas de concordância verticais, pode-se utilizar a Equação 1 para elementos em parábola de 2º grau composta:

$$F = \frac{L_1 * L_2 * g}{2L} \quad (1)$$

Onde: $g = i_1 - i_2$ (2)

Sendo:

F a flecha máxima da parábola no ponto de interseção dos segmentos (PIV);

L_1 a distância horizontal do ponto de início da curva (PCV) ao ponto de interseção dos segmentos (PIV) ;

L_2 a distância horizontal do ponto de interseção (PIV) ao ponto de término da curva (PTV);

L a distância horizontal do ponto de início da curva (PCV) ao ponto de término da curva (PTV), ou $L = L_1 + L_2$;

g a variação total da declividade do greide;

i_1 a inclinação do primeiro segmento em graus e

i_2 a inclinação do segundo segmento em graus.

Tais parâmetros podem ser melhor visualizados na Figura 2 abaixo:

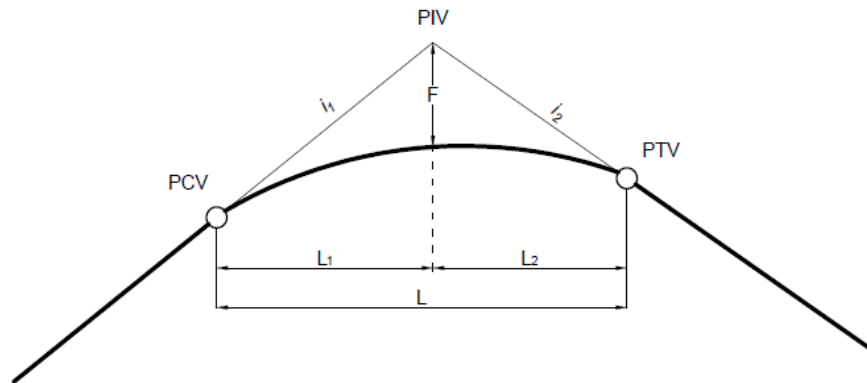


Figura 6: Elementos de parábola de 2º grau composta
Fonte: Adaptado de Pontes Filho (1998)

A seção transversal é a representação no plano vertical de alguns elementos da via, em planos de corte transversais ao eixo da rodovia. Nelas é possível observar a linha natural do terreno, as inclinações das faixas de rolamento e acostamentos, os pontos de rotação e as mudanças de inclinação nos casos de superelevação, e os perfis de aterro ou corte dos taludes laterais (PONTES FILHO, 1998). Para obras de arte especiais, o DNIT apresenta em seu Manual de projeto de obras de artes especiais algumas seções características de acordo com as classes de projeto da rodovia, como o exemplo da Figura 3.

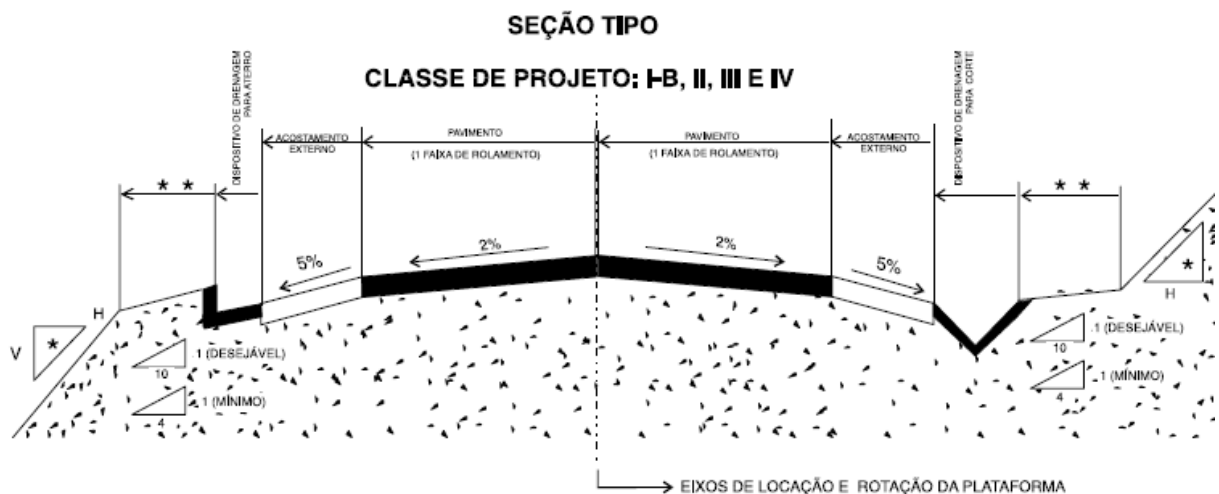


Figura 7: Seção tipo para rodovias classe IB, II, III e IV
Fonte: DNIT (1996)

2.5 PARÂMETROS EXECUTIVOS E DE SEGURANÇA

Os métodos e tecnologias utilizados na execução devem respeitar a disponibilidade local de equipamentos, materiais e mão de obra. A análise deve

incluir também as vias de acesso à obra e os desvios de tráfego durante a execução da mesma.

Referente aos parâmetros operacionais para a implantação da obra de arte especial, o tipo estrutural selecionado deve atender às utilidades funcionais da via projetada, considerando-se fatores como a rapidez da construção, desvio ou acomodação do tráfego durante a construção, manutenção do tráfego fluvial (quando existente) e flexibilidade para ajustes futuros (DNER,1996).

Quanto a segurança da estrutura, esta será observada durante e após a construção, sendo primeiramente para proteção das propriedades vizinhas, equipamentos, equipe de trabalhadores e tráfego existente e, posteriormente de forma a minimizar os efeitos do tráfego ou eventuais impactos sobre a estrutura.

2.6 ESCOLHA DO TIPO ESTRUTURAL

Segundo o manual do DNER (1996), “O tipo estrutural que melhor atender à interação solo-estrutura e que apresentar maiores vantagens, após o cotejo técnico e econômico de todas as variáveis envolvidas, será o escolhido.”

Tal escolha deve levar em consideração o tamanho e distribuição dos vãos, a altura disponível e a necessária para transposição, o encaixe dos taludes extremos, a economicidade da solução e do método construtivo, o tempo de execução e a disponibilidade de recursos da região.

2.7 ESTUDO DE TRÁFEGO

Segundo o DNIT (2006), por meio do estudo de tráfego é possível conhecer o número de veículos que circulam por uma via em um determinado período e suas velocidades, determinar a capacidade das vias e, conseqüentemente, estabelecer os meios construtivos necessários à melhoria da circulação ou das características de projeto. Assim, os estudos de tráfego têm por objetivo obter os seguintes elementos para o projeto de rodovias:

- Volume médio diário anual;
- Distribuição do tráfego por classes de veículos;

- Distribuição das cargas por tipo de eixo;
- Levantamento da magnitude das cargas reais;
- Levantamento de dados para expansão de tráfego (séries históricas dos tráfegos);
- Cálculo do tráfego de projeto pelo número “N” (número equivalente de solicitações do eixo padrão de 8,2 t), para fins de dimensionamento da estrutura do pavimento;
- Estudo de capacidade e níveis de serviço.

O cálculo do número N é realizado através da Equação 3 (DNIT, 2006), expressa a seguir.

$$N = 365 \times VDM \times P \times Fc \times Fe \times Fr \quad (3)$$

Onde: VDM: volume diário médio;

P: período de projeto;

Fc: fator de carga. Número que multiplicado pelo número de eixos que operam resulta no número de eixos equivalentes ao eixo padrão;

Fe: fator de eixos. Número que multiplicado pelo número de veículos resulta no número de eixos correspondentes;

Fr: fator climático regional. Tem-se adotado um $Fr = 1,0$ de acordo com os resultados de pesquisas desenvolvidas no IPR/DNER (DNIT, 2006).

Para a realização de estudos de tráfego, de acordo com o DAER (2010), devem ser desconsiderados feriados, datas comemorativas e grandes eventos que alterem a regularidade dos volumes e fluxos de tráfego, salvo quando estes forem objetos do estudo. Outros fatores que alterarem o volume ou fluxo de tráfego, como obras na via e as condições de tempo, devem ser levados em consideração.

2.8 FUNDAÇÕES

A NBR 6122 (ABNT, 1996) sobre projetos e execuções de fundações. Segundo tal norma, as fundações comumente utilizadas se resumem à fundações superficiais rasas ou diretas como sapatas, blocos e radiers, e fundações profundas como estacas cravadas ou escavadas, tubulões, caixões, estacas metálicas entre outras.

Segundo a mesma norma, para todos os tipos de fundação a serem utilizadas se faz necessário a investigação geotécnica, geológica e observações locais, a fim de determinar o tipo do solo e suas características, como resistência, deformabilidade, permeabilidade, colapsidade e expansividade. As sondagens para obtenção destes dados devem ser realizada conforme a NBR 6484 (ABNT, 1996).

2.9 SISTEMAS DE CONTENÇÃO

A utilização de estruturas de contenção em projetos de rodovias é fundamental, pois além de serem utilizadas como encontros de pontes e muros ala, também servem para a estabilização de taludes.

Os sistemas comumente utilizados para contenção e construção de rampas de acesso para obras de arte são os taludes laterais e os muros de arrimo, podendo estes ser em alvenaria ou concreto.

Os muros de contenção podem ter fundações apoiadas sobre fundações rasas ou profundas. Possuem ainda vários tipos, como o muro por gravidade, de flexão e com ou sem tirantes. Os muros de gravidade são estruturas que utilizam o peso próprio para conter os desníveis. Podem ser feitos com concreto, pneus, sacos de solo cimento e gaiolas de pedra. Os muros em flexão são mais esbeltos e possuem formato de “L”, utilizando-se dessa base para manter-se em equilíbrio. Estes podem ser atirantados ou não, de acordo com a necessidade de projeto. (GERSCOVICH, 2014).

Os taludes laterais de aterro é a caracterização das saias de aterro utilizadas para construção das rampas de acesso. (TOPOGRAFIA GERAL, 2005). Sua estabilidade deve ser estudada detalhadamente, a fim de evitar escorregamentos e movimentos de terra indesejados (MARAGON, 2009).

Os muros de terra armada têm um papel importante na engenharia, não só por questões econômicas, por possuir uma relação custo/benefício efetiva, mas pela capacidade em desempenhar as funções a que são submetidos mesmo quando as ações estão muito além do seu peso próprio, e em suportar maiores assentamentos do que os muros reforçados com concreto (SILVA, 2012).

2.10 SISTEMA DE CONTENÇÃO COM TERRA ARMADA

2.10.1 Definição

O sistema de terra armada, também chamado de solo armado, é um sistema de contenção que utiliza placas pré-moldadas fixadas a tiras metálicas enterradas no solo compactado.

A NBR 9286 (ABNT,1986), cancelada em outubro de 2014, definia o método de reforço em terra armada da seguinte forma:

“Sistema constituído pela associação do solo de aterro com propriedades adequadas, armaduras (tiras metálicas ou não) flexíveis, colocadas, em geral, horizontalmente em seu interior, à medida que o aterro vai sendo construído, e por uma pele de paramento flexível externo fixado às armaduras, destinando a limitar o aterro. (NBR 9286, 1986, p. 01).”

Segundo o DNIT (2003), terra armada é um tipo de contenção de aterros muito utilizado que proporciona otimização do espaço de aplicação, trazendo custos competitivos, quando comparados com outros sistemas de contenção. Sua construção é sempre iniciada de baixo para cima à medida que o aterro, também construído de baixo para cima, é executado.

2.10.2 Breve Histórico

A tecnologia que consiste na colocação de elementos de reforço no solo, que resistem às forças de tração que o solo não pode suportar não é nova. Registros históricos dão conta que, há muito tempo, esta técnica já era usada. Alguns exemplos de construção são a Grande Muralha da China e os Ziggurats na antiga Mesopotâmia (Figura 8 e Figura 9). Estes sistemas consistiam na utilização de troncos e raízes como reforço do solo (SILVA, 2012).

Mas foi a partir da década 60 que o emprego de terra armada ganhou desenvolvimento, com o engenheiro francês Henri Vidal que patenteou o sistema na França (DANTAS, 2004; SILVA, 2012; SOBRINHO, 2013) e posteriormente em outros países, inclusive no Brasil. Em 1986 a Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou a NBR 9286, cujo título era “Terra Armada”.



Figura 8: Muralha da China
Fonte: UNIVALI (2015).



Figura 9: Ziggurats
Fonte: wiseGEEK (2015).

Inicialmente Henri Vidal propôs o uso de polímeros reforçados com fibras de vidro, porém, após dez meses a estrutura colapsou devido à um ataque bacteriano. Mais tarde, passou-se a utilizar reforços de aço maciço e de alumínio. No entanto, o uso de reforços de aço maciço e alumínio também se mostrou não ser uma boa solução devido à pouca durabilidade dos materiais, e então optou-se utilizar material metálico de aço galvanizado (SILVA, 2012).

De acordo com Silva (2012) e Sobrinho (2013), diversos estudos foram realizados durante as décadas de 60 e 70, tanto em escala natural quanto em modelos reduzidos, com o objetivo de analisar o comportamento dos muros de terra armada e desenvolver métodos adequados ao dimensionamento deste tipo de estruturas.

Ainda na década de 70, com o desenvolvimento dos sistemas informáticos, surgiram os primeiros modelos numéricos que possibilitaram uma análise mais detalhada do comportamento dos muros de terra armada que passaram a serem utilizados em conjunto aos estudos já elaborados (SILVA, 2012; SOBRINHO, 2013).

O primeiro muro a ser construído foi na França em 1971, por Henri Vidal (SILVA, 2012). E segundo o DNIT (2003), o DNER foi pioneiro no Brasil na utilização do sistema terra armada, com a construção de suas primeiras obras em terra armada, na rodovia BR-470/SC, em 1976.

2.10.3 Elementos constituintes

O sistema de terra armada é constituído por três elementos principais: os reforços (fitas metálicas), os painéis do paramento exterior (pré-fabricados) também denominados de elementos de pele ou escamas, e o material do aterro compactado (solo). Ainda faz parte desse sistema a soleira de concreto simples, produzida *in situ*, com a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) maior que 13 MPa, de reduzidas dimensões, sobre a qual assenta-se a primeira fiada dos painéis (NBR 9286, 1986). Na Figura 10 visualiza-se um esquema de um sistema de contenção de terra armada.

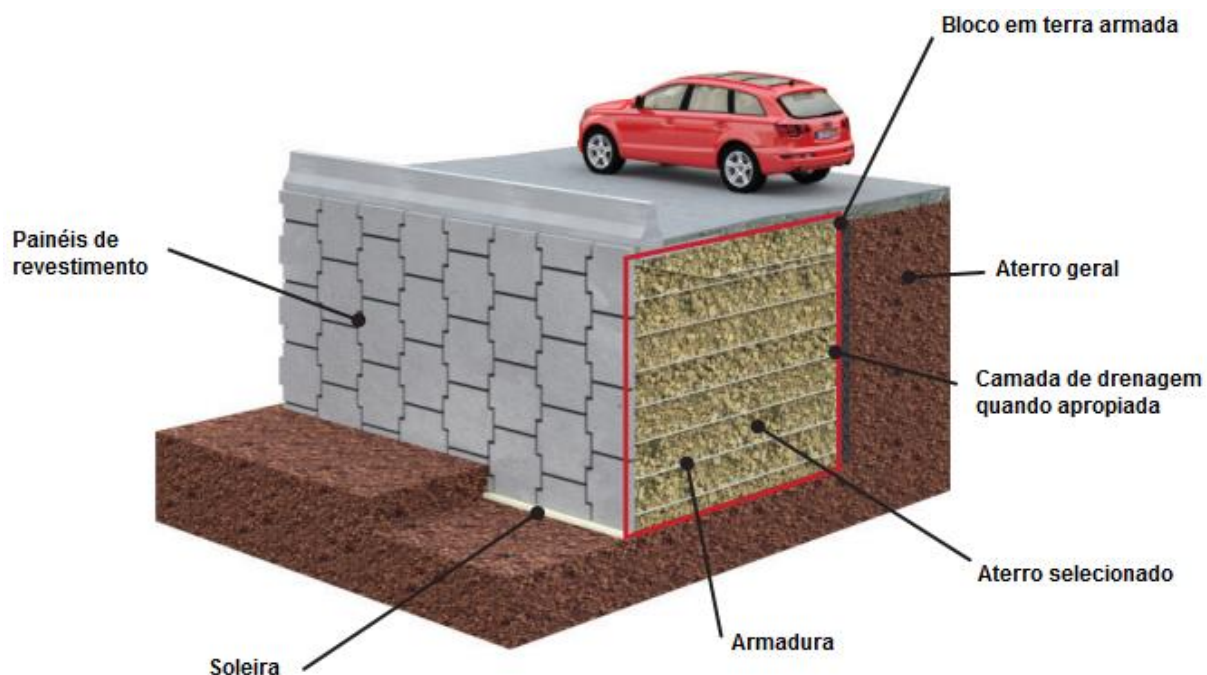


Figura 10: Sistema de contenção de terra armada
 Fonte: Adaptado de Terre Armée (2014).

2.10.3.1 Elementos de reforços

Os reforços são peças lineares (tiras ou fitas), conforme observa-se na Figura 11, que têm como principais funções a mobilização por atrito, de tensões tangenciais ao longo da sua superfície e a resistência aos esforços de tração (SILVA, 2012; SOBRINHO, 2013).

Pelo fato de os reforços estarem envoltos pelo solo é necessário garantir a manutenção das suas funções a longo prazo, portanto, torna-se indispensável a escolha de material de boa qualidade que atendam as seguintes características:

- Boa resistência à tração;
- Bom coeficiente de atrito com o solo;
- Ser flexível para uma correta adaptação às ondulações geradas na superfície do aterro durante sua execução;
- Pouca deformabilidade;
- Permitir uma fácil implantação;
- Boa durabilidade;
- Ser econômico.

Normalmente esses elementos são de aço galvanizado e nervurados, porém, as fitas também podem ser poliméricas, com superfícies rugosas, constituídas por fibras de poliéster de alta tenacidade.

Segundo Terre Armée (2014), as armaduras feitas de aço galvanizado à quente, combinadas com um aterro selecionado adequadamente, podem ser projetadas para uma vida útil de 100 anos ou mais, se necessário.



Figura 11: Elementos de reforços (fitas metálicas)
Fonte: Terra Armada (2015).

Para um primeiro pré-dimensionamento, deve-se prever comprimentos de armadura iguais ou superiores a $0,5 H$ (altura do maciço em terra armada) para obras simples e $0,7 H$ para obras especiais como encontros portantes, barragens e etc (NBR 9286, 1986).

2.10.3.2 Painéis

Os painéis, denominados também como pele ou escama, são utilizados como revestimento da face exterior do sistema, impedido a ruptura ou erosão do solo. Normalmente são placas pré-fabricadas em concreto armado, com diferentes tipos de acabamentos e formatos, sendo os mais comuns os hexagonais e retangulares, com espessuras normalmente entre 0,15 e 0,25m dependendo da necessidade (SOBRINHO, 2013). Nas Figuras 12 e 13 é possível observar painéis pré-fabricados no formato retangular e no formato cruciforme.



Figura 12: Painéis retangulares
Fonte: FARCIMAR (2015).



Figura 13: Painéis cruciformes
Fonte: Terra Armada (2015).

Os painéis possuem pontos de suspensão que permitem a manutenção e colocação em obra e também possuem pontos de ligações para os reforços, destacados na Figura 14 e 15.



Figura 14: Exemplo de pontos de suspensão de um painel
Fonte: Adaptado de FARCIMAR (2015).



Figura 15: Fixação dos elementos de reforços (tiras metálicas)
Fonte: Terre Armée (2014).

2.10.3.3 Material de aterro

Como o princípio da tecnologia do sistema de terra armada consiste em aumentar a capacidade do solo para resistir à tração através da colocação de elementos de reforço, que fazem a distribuição dos esforços internos de tração através do atrito com solo fazendo que o conjunto haja como um maciço integrado, é fundamental que o solo possua um elevado ângulo de atrito interno, o que exclui a utilização de solos com elevadas porcentagens de finos. Segundo a NBR 2986 (ABNT, 1986) para fins de correlação no cálculo do coeficiente de atrito aparente solo-armadura, o ângulo de atrito interno mínimo de solos é de 36° . Depois de consolidado, o maciço deverá ter, no mínimo, um ângulo de atrito interno de 25° .

Normalmente o solo deve conter menos de 20% de elementos passantes na peneira nº 200, menos de 10% de elementos menores que 0,015 milímetros e menos de 25% maiores que 15 milímetros, e não deve conter elementos maiores que 250 milímetros (NBR 9286, 1986).

Segundo Silva (2012), para um bom funcionamento dos muros de terra armada deve-se ter um solo granular compactado, pois estes são bem drenados e a transferência da tensão normal efetiva entre os reforços e o aterro é imediata à medida que as camadas de aterro vão sendo colocadas.

A compactação das diversas camadas de solo deve seguir a NBR 7182 - Solo - Ensaio de Compactação, da ABNT.

2.10.4 Aplicações

A principal aplicação da terra armada é em auto estrada, em meio urbano e montanhoso, com vista à estabilização de taludes (SILVA, 2012). Contudo, devido à sua alta capacidade de suportar carregamentos, os muros de terra armada estão sendo largamente utilizados em obras ferroviárias, industriais e em outras aplicações de engenharia civil.

A utilização deste tipo de sistema incluem estruturas temporárias, que têm-se mostrado amplamente vantajoso, tais como desvios temporários necessários para projetos de reconstrução de vias, diques de solos reforçados, que foram utilizados como estruturas de contenção de água e resíduos e ainda aumento da altura das barragens já existentes (SILVA, 2012; SOBRINHO, 2013).

Entre os tipos de contenção por terra armada estão (MURO ARMADO, 2015):

- Muro de Greide - são os muros internamente estabilizados cuja altura coincide com o nível do aterro ou pavimento, como indicado na Figura 16.



Figura 16: Exemplo de muro de greide
Fonte: Muro Armado (2015).

- Muro Pé de Talude – são os muros internamente estabilizados que possuem acima de seu topo um aterro com altura variável. São frequentemente usados para contenção de encostas e encontros de pontes e viadutos. Observa-se este tipo de muro na Figura 17.



Figura 17: Exemplo de muro pé de talude
Fonte: Muro Armado (2015).

- Muros Portantes - São os muros internamente estabilizados utilizados como encontros portantes. Funcionam ao mesmo tempo como arrimo de aterro e fundação para sustentação de vigas de pontes ou viadutos, de acordo com a Figura 18.



Figura 18: Exemplo de muro portante
Fonte: Muro Armado (2015).

- Muro de Britagem - solução de contenção aplicada em locais de mineração, como o exemplo da Figura 19. Permitem uma alta sobrecarga de peso devido aos robustos sistemas de transporte de minérios.



Figura 19: Exemplo de muro de britagem
Fonte: Muro Armado (2015).

- Muro de áreas alagadas:

Muros Inundáveis por Água Doce: São muros internamente estabilizados que podem ser, total ou parcialmente, permanente ou temporariamente, submersos em água cuja salinidade não ultrapasse a da água potável, conforme nota-se na Figura 20.

Muros Inundáveis por Água Salgada: São muros internamente estabilizados que podem ser, total ou parcialmente, permanente ou temporariamente, submersos em água do mar ou água salobra.



Figura 20: Exemplo de muro em área alagada
Fonte: Muro Armado (2015).

2.10.5 Processo construtivo

A execução de muros de terra armada pode ser feita em simultâneo com a construção do aterro, o que diminui paradas no decorrer dos trabalhos. O processo construtivo pode-se resumir no seguinte (SOBRINHO, 2013):

- a) Implantação topográfica;
- b) Implantação de dispositivos de drenagem conforme especificado em projeto;
- c) Execução da soleira, em concreto simples, com a finalidade de nivelar a primeira camada;
- d) Assentamento da primeira fiada de painéis;
- e) Colocação e compactação da primeira camada de aterro;
- f) Colocação da primeira fiada de reforços;
- g) Colocação de nova camada de aterro, sobre os reforços;
- h) Colocação de nova fiada alternada de painéis.
- i) Repetição sequencial de todo o processo desde a etapa “d” até a etapa “h”, até o aterro atingir a cota final.

Ressalta-se, ainda, que durante a montagem dos painéis são colocados escoramentos em madeira de forma a garantir a inclinação desejada. E todas as juntas, verticais e horizontais, dos painéis são preenchidas com geotêxtil, de forma a evitar qualquer tipo de erosão interna.

2.10.6 Vantagens do sistema de terra armada

Segundo Terra Armada (2015), o sistema oferece vantagens como:

“RESISTÊNCIA INTERNA: Que, aliada à estabilidade externa do volume armado, confere ao conjunto significativa capacidade de resistir às cargas estáticas e dinâmicas.

CONFIABILIDADE – A durabilidade dos materiais está bem documentada e é monitorável, permitindo alto grau de confiabilidade.

ADAPTABILIDADE – A tecnologia provê soluções para casos complexos e, muitas vezes, demonstra ser a melhor solução para problemas como: uma faixa de domínio estreita; taludes naturais instáveis; condições limite de fundação com expectativa de recalques significativos.

ASPECTO ESTÉTICO – A variedade de possibilidades de paramentos externos pode atender a diversas exigências arquitetônicas. “

Outras vantagens da aplicação dos muros de terra armada em estruturas de engenharia civil, resultantes do seu processo construtivo e do seu comportamento podem ser resumidas em:

- Facilidade de montagem, mesmo em obras de grande altura, que podem ser superiores a 20m;
- Procedimentos de construção rápidos e que não necessitam de grandes equipamentos;
- Eliminação de andaimes, escoramentos, concretagens *in situ* e terraplenagens manuais;
- Elevada flexibilidade dos paramentos, o que permite aos maciços adaptarem-se a fundações compressíveis;
- Menor área de preparação e menos espaços na frente da estrutura para operações de construção;
- Maior economia, em parte pela ausência de fundações;

- Melhor comportamento em casos de solo com menor qualidade e em eventos sísmicos;
- Adequado para locais inundáveis.

2.10.7 Exemplos de viadutos construídos com terra armada

a) Viaduto da BR-116 com a Avenida Victor Ferreira do Amaral: Em Curitiba- PR, o viaduto que faz a intercessão com a BR-116 com a Avenida Victor Ferreira do Amaral tem suas duas rampas de acesso construídas com a técnica de terra armada. Cada rampa possui cerca de 250 metros de comprimento, com elevação total de aproximadamente 10 metros. O tabuleiro do viaduto é em concreto armado, verificado na Figura 21.



**Figura 21: Viaduto da Avenida Victor Ferreira do Amaral - Curitiba, PR
Fonte: GOOGLE MAPS (2015).**

b) Viaduto estaiado Francisco H. dos Santos: O viaduto construído na Rua Francisco H. dos Santos sobre a Avenida Comendador Franco em Curitiba, Paraná, possui 1150 metros quadrados de terra armada em suas rampas de acesso (CONSÓRCIO VIÁRIO AEROPORTO, 2012). Seu tabuleiro é em aço e suspenso por 21 estais conectados ao mastro central, também metálico (PINI, 2013). Sua construção e estrutura final podem ser vistas nas Figuras 22 e 23, a seguir.



Figura 22: Construção das rampas de acesso em terra armada - Curitiba, PR

Fonte: B2A Contenções (2015).

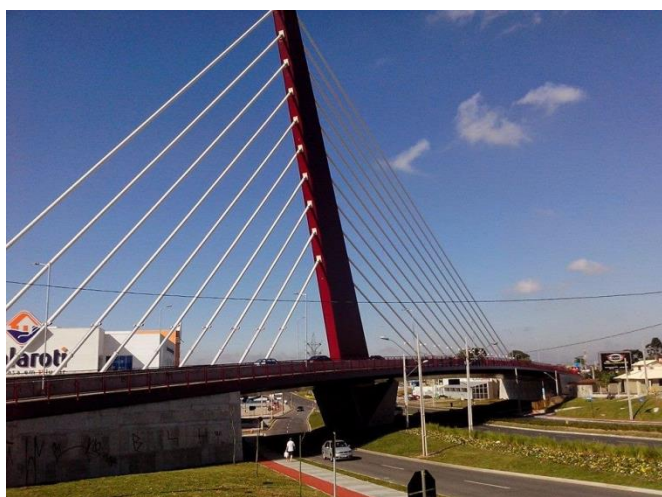


Figura 23: Viaduto estaiado - Curitiba, PR

Fonte: Chico do Uberaba (2015).

2.11 PISTA DE ROLAMENTO E PAVIMENTAÇÃO

O manual de projeto geométrico de travessias urbanas (DNIT, 2010), define pista de rolamento como parte da via projetada para deslocamento dos veículos, podendo conter uma ou mais faixas de tráfego. Uma faixa de tráfego corresponde a faixa longitudinal da pista, destinada ao deslocamento de uma única fila de veículo.

Em pontes e viadutos as faixas de tráfego, ou rolamento, definem a largura da plataforma. A largura mínima de uma faixa de tráfego é definida pela

Classe da rodovia em função da sua finalidade. Por exemplo, para uma via de classe II, pista simples, a largura mínima da faixa de rolamento é 3,60m (DNER,1996). Além das faixas de rolamento, a plataforma também pode ser composta de faixa de segurança, acostamentos e passeios, conforme Figura 24.

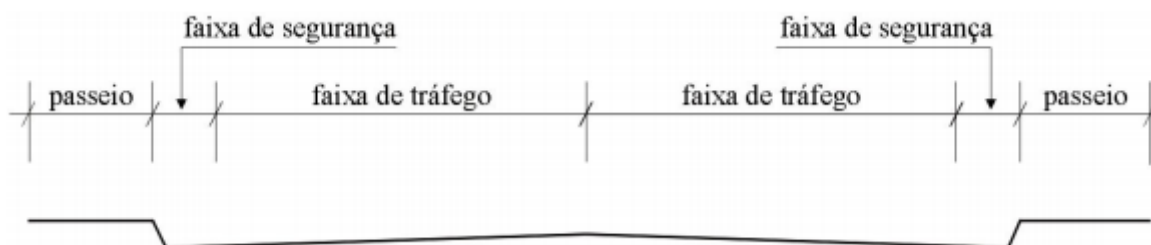


Figura 24: Plataforma de ponte ou viaduto com duas faixas de tráfego
Fonte: Vitório (2002).

A pista de rolamento das pontes e viadutos rodoviários pode ser de concreto convencional ou de concreto asfáltico (DNIT, 2009). Segundo Vitório (2002), em pontes com superestrutura em concreto podem ser adotadas três soluções para a faixa de rolamento: pavimentação com asfalto, normalmente utilizam-se o concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ); revestimento fino de concreto sobre a laje ou laje estrutural sem revestimento. Estas soluções também se enquadram para os viadutos.

Segundo o mesmo autor, a solução em pavimentação asfáltica é a mais utilizada por apresentar bom desempenho e fácil manutenção.

O dimensionamento de pavimentos flexíveis é descrito no Manual de Pavimentação do DNIT, e constitui-se dos cálculos do reforço, sub-base, base e revestimento. Os materiais granulares a serem empregados no pavimento devem obedecer as seguintes características (SENÇO, 2001; DNIT, 2006):

- Materiais do subleito - devem apresentar uma expansão, medida no ensaio California Bearing Ratio (CBR) também conhecido como Índice de Suporte Califórnia, menor ou igual a 2% e um CBR maior ou igual a 2%;
- Materiais para reforço do subleito - os que apresentam CBR inferior a 20% e superior ao do subleito;
- Materiais para sub-base - os que apresentam CBR igual ou superior a 20%;

- Materiais para base - os que apresentam CBR maior ou igual a 80%, expansão menor ou igual a 0,5%, limite de liquidez menor ou igual a 25% e índice de plasticidade menor ou igual a 6%.

Para um número de repetições do eixo padrão N menor ou igual a 5×10^6 podem ser empregados materiais com CBR maior ou igual a 60%.

2.12 DRENAGEM

A drenagem urbana foi padronizada pelo DNIT (2006) no Manual de drenagem de Rodovias, volume único, que descreve todos os elementos constituintes do sistema e os cálculos para seu dimensionamento adequado.

Tal padronização se fez necessária uma vez que os métodos empregados anteriormente nem sempre garantiam total eficiência e segurança aos usuários (DNIT, 2006).

Além deste, o manual de projeto de artes especiais do DNER discorre sobre as considerações básicas para drenagem do tabuleiro. Segundo este, as seções transversais devem ser estabelecidas de forma a:

- “a - não se ter declividades transversais nulas;
- b - sempre que possível, manter-se uma única situação transversal das pistas;
- c - observar a declividade mínima de 2 cm/m, (2%), para as pistas de rolamento”

DNER, Manual de projeto de obras de arte especiais, p. 37.

Segundo o mesmo manual, o projeto geométrico deverá contemplar uma situação que possibilite declividade única no caso de obras de arte curtas e situação de maior declividade longitudinal possível, não inferiores a 0,5%. “No caso de situações favoráveis, rampa com declividade maior ou igual a 2% e comprimento menor que 50 m, a drenagem será prevista apenas por captação localizada no extremo mais baixo da obra [...]” (DNER, 1996).

Um dos elementos mais básicos à drenagem urbana são as sarjetas. Elas tem como principal função “conduzir as águas que se precipitam sobre a plataforma da rodovia e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo” (DNIT, 2006).

2.13 SINALIZAÇÃO

A sinalização tem por objetivo orientar, alertar e informar os usuários de uma via. Sua instalação deve ser feita de modo a conquistar a atenção e confiança do usuário, além de permitir um tempo de reação adequado. Podem ser apresentadas verticalmente, horizontalmente ou do tipo semafórica (DNIT, 2006).

Segundo o Manual de sinalização rodoviária do DNIT (2006), os processos que compõe o correto oferecimento de uma sinalização adequada são: projetos, implantação, operação, manutenção e materiais. Todos estes processos são minuciosamente detalhados no mesmo manual, devendo ser atendidos em sua totalidade para garantia da eficiência das sinalizações implantadas na via.

2.14 SERVIÇOS COMPLEMENTARES

2.14.1 Passeio de pedestres

De acordo com o Manual de projetos geométricos de travessias urbanas (DNIT, 2010), o passeio para pedestres deve possuir largura mínima de 1,20m. Para garantir a segurança do usuário é indicado que entre a faixa de rolamento e o passeio seja executado uma barreira de concreto.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local escolhido para o estudo foi a interseção entre a Avenida Paraná, onde passa a SC-415, e a Avenida Celso Ramos no centro de Garuva, Santa Catarina, conforme Figura 25. A geometria atual da área estudada caracteriza-se como uma interseção de quatro ramos reta, possui um sistema de circulação de mão dupla nas duas vias e semáforos nas quatro direções. O semáforo situado na Avenida Paraná é o causador de grande parte do congestionamento na região.

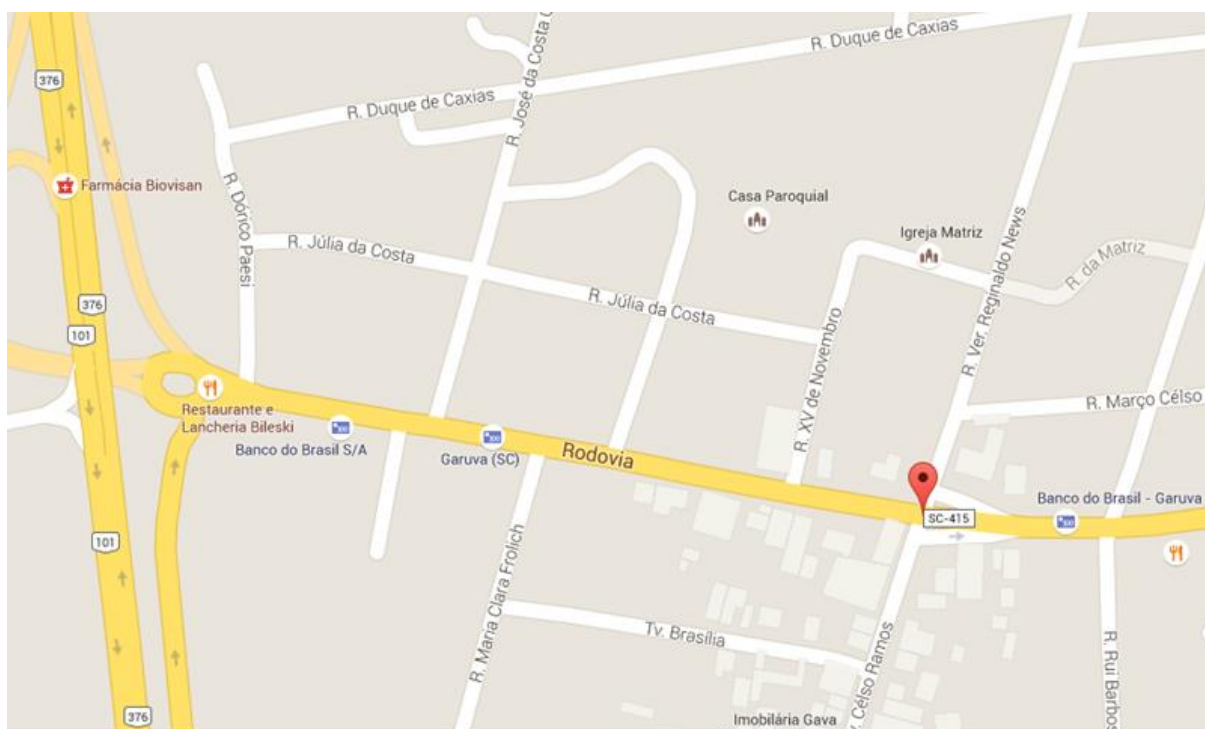


Figura 25: Indicação da interseção entre as Avenidas Paraná e Celso Ramos
Fonte: Google Maps (2016).

3.2 IMPLANTAÇÃO DA OBRA

Para levantamento dos elementos de campo descritos no capítulo 2.1.1 inicialmente realizou-se pesquisas com o objetivo de verificar a existência de um levantamento topográfico e estudos geotécnicos e geológicos da região. Estes dados não foram encontrados e por isso foi realizado um levantamento topográfico na interseção das vias de estudo. As informações geotécnicas não foram possíveis

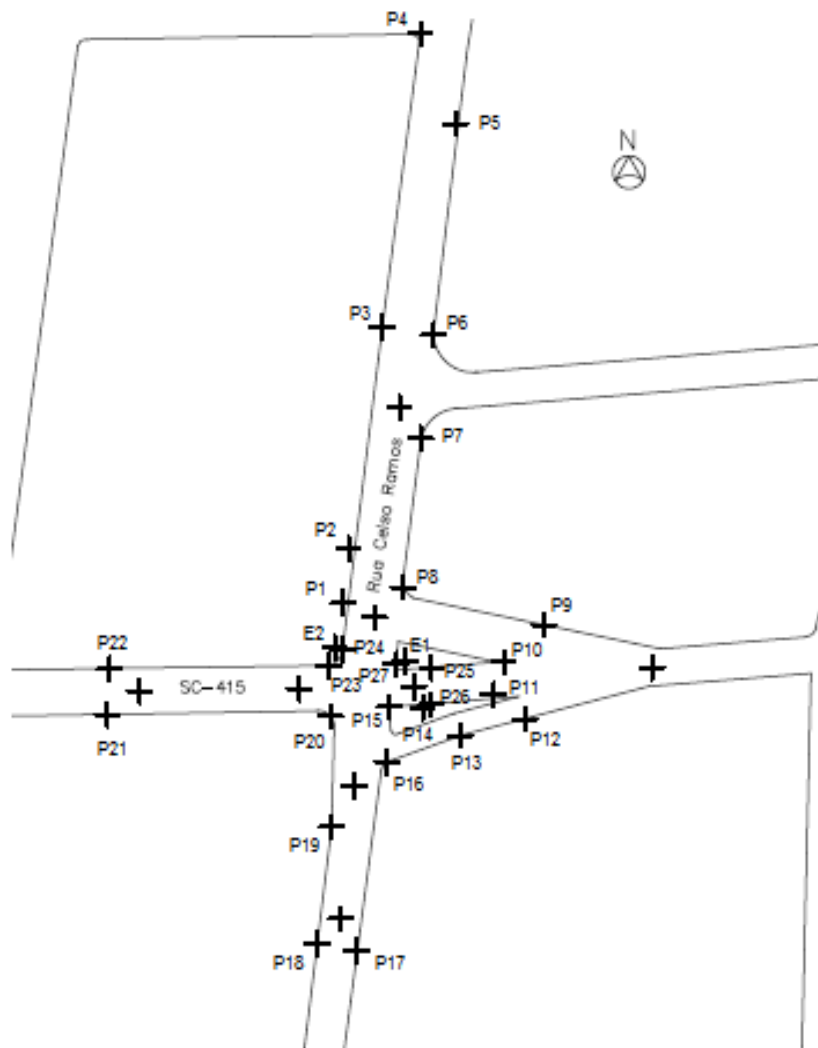
serem obtidas pelo fato de não ser financeiramente viável uma sondagem SPT apenas para o estudo acadêmico que é proposto neste trabalho.

Para o levantamento topográfico utilizou-se uma estação total modelo Leica FlexLine TS02, prisma, trena, bússola e uma planilha para anotação dos dados.

No local, a estação total foi colocada num ponto que permiti-se uma maior visualização dos demais pontos de locação, como pode ser visto na Figura 26. Para o início do levantamento anotou-se a altura do equipamento instalado e já nivelado, inseriu-se no sistema a altura da estação, a altura do prisma, as coordenadas iniciais (definidas como $E=0$, $N=0$ e $Z=0$) e zerou-se o equipamento no norte magnético com o auxílio de uma bússola. Em seguida, girou-se o equipamento no sentido horário até encontrar o valor da declinação magnética do local de $19^{\circ}42'W$ (NOAA, 2016), zerando o equipamento novamente, desta vez no norte verdadeiro. Com o equipamento zerado mediu-se os demais pontos necessários para o levantamento, localizados conforme a Figura 27.



Figura 26: Localização da estação total
Fonte: Autoria própria.



Legenda:

✚ Pontos visados com a estação total

Figura 27: Pontos do levantamento topográfico
Fonte: Autoria própria.

Os dados obtidos dos pontos foram os azimutes (Hz), a inclinação vertical do ponto em relação a estação (V), as distância horizontal, vertical e inclinada, e as coordenadas leste (E), Norte (N) e altura (H), conforme indicados nas Figura 28, 29 e 30.

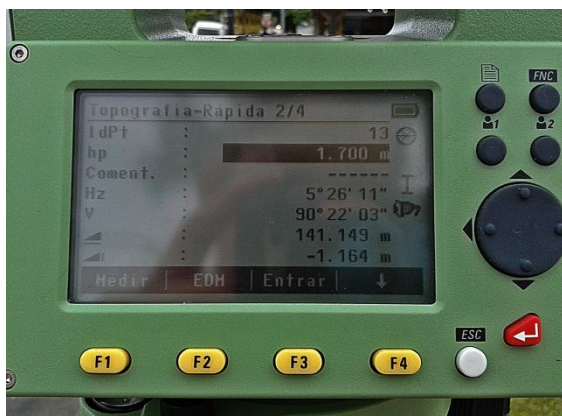


Figura 28: Dados obtidos na estação total: indicação de azimute, inclinação vertical, distâncias horizontal e vertical
 Fonte: Autoria própria.

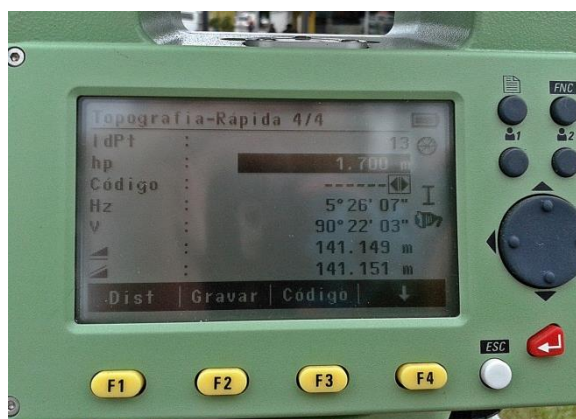


Figura 29: Dados obtidos na estação total: indicação de azimute, inclinação vertical, distâncias horizontal e inclinada
 Fonte: Autoria própria.



Figura 30: Dados obtidos na estação total: indicação das coordenadas leste, norte e altura do ponto em relação à referência inicial
 Fonte: Autoria própria.

Com os dados planialtimétricos em mãos foi possível traçar as curvas de nível no software *AutoCAD Civil 3D*.

3.2.1 Faixa de domínio

De acordo com o Decreto Estadual 2386 de 2004 (LEIS ESTADUAIS, 2016), sancionado pelo então governador de Santa Catarina senhor Luiz Henrique da Silveira, a rodovia SC - 415, no trecho da BR-101 até a divisa dos estados de Paraná e Santa Catarina possui faixa de domínio definida em quarenta metros, sendo vinte metros para cada lado do eixo da rodovia. Atualmente, este trecho conta com aproximadamente treze metros totais de largura, tamanho bem reduzido em relação ao tamanho total da faixa de domínio.

Para efeitos de projeto e estudo, foi considerada como livre ou passível de desapropriação amigável toda a extensão da via na interseção estudada.

3.3 PROJETO GEOMÉTRICO

Por se tratar de vias existentes, os traçados da rodovia e da via secundária não foram alterados. Após o levantamento topográfico realizado no local, traçaram-se os eixos das vias, definido-se o estaqueamento das mesmas com o auxílio do *software AutoCAD civil 3D*.

Com o perfil natural do terreno e a análise dos arredores da interseção, foram estudadas as possíveis soluções para o congestionamento. A interseção poderia ser resolvida com trincheiras, onde uma das vias teria seu greide original rebaixado para passar sob a outra via, ou por viadutos, onde manteria-se o greide original de uma das vias e elevaria-se a outra via através de uma obra de arte.

Devido a falta de informações sobre o solo, assim como informações sobre níveis de água, a opção de rebaixar o greide de uma das vias foi descartado, pois escavações de tal proporção demandam solos de melhor qualidade e drenagens que não seriam possíveis avaliar sem sondagens no local da obra.

Em seguida analisou-se a implantação da obra de arte. Inicialmente, devido a menor intensidade de tráfego na Avenida Celso Ramos, realizou-se um croqui do viaduto seguindo o eixo desta via. Porém, as rampas de acesso em terra armada impediriam a aproximação de carros nos comércios da região, prejudicando as atividades locais. Outro ponto analisado foi o gabarito vertical da obra de arte: devido à classe de projeto da SC-415, a mesma precisaria de um gabarito vertical

maior, gerando maiores rampas de acesso e possivelmente maiores custos de implantação.

Mudando a análise para a Rodovia SC-415, observou-se que a mesma não conta atualmente com toda a largura disponível de sua faixa de domínio, podendo ser alargada para o melhoramento do tráfego e execução do viaduto. Além disso, há uma diferença de nível ao longo do eixo da rodovia que colabora com a obtenção da altura do gabarito vertical da via secundária, diminuindo a extensão da rampa de acesso primária. Tais análises demonstraram que o método construtivo com terra armada pode ser melhor aplicado por demandar pouco espaço da via, uma vez que esta possui faixa de domínio reduzida comparada a outras rodovias semelhantes.

Referente ao tipo de interconexão escolhido, optou-se pelo tipo diamante simples, devido às vantagens apresentadas anteriormente no capítulo “2.3.1 Interseções”.

O projeto geométrico do viaduto deve ser feito de modo a proporcionar a interação do novo elemento com as condições locais já existentes, além de acatar as recomendações previstas no Manual de projetos de obras de arte especiais do DNIT quanto à largura dos elementos constituintes, inclinações e elementos de proteção apropriados para o tráfego da região.

De acordo com a Quadro 1 do manual de projeto de obras de artes especiais do DNIT, considerando a rodovia SC-415 como uma via de classe de projeto II, com pista simples e volume médio diário entre 700 e 1400 veículos, instalada em uma região plana, os parâmetros geométricos recomendados para o projeto de obra de arte são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros geométricos para obras de arte especiais em rodovias de classe de projeto II

ELEMENTO	DIMENSÕES
Largura da faixa de rolamento (m)	3,60
Largura do acostamento externo (m)	2,50
Velocidade diretriz (km/h)	60
Rampa máxima (%)	3

Fonte: Adaptado de Manual de obras de arte especiais DNIT (1996).

Para a curva de concordância horizontal, inseriu-se os dados recomendados pelo DNIT no *software AutoCAD Civil 3D* no momento do traçado dos eixos da rodovia.

Ao traçar o eixo da rodovia no programa sobre as curvas de níveis levantadas anteriormente, o *software* gera automaticamente o greide natural do terreno. Sobre o perfil natural, pode-se traçar o gabarito da obra de arte, analisando quais os vãos e alturas necessárias a se atingir com o viaduto.

A curva de concordância vertical sobre o tabuleiro do viaduto foi feita com base na Equação 1, considerando-se o PCV como o início do tabuleiro e o PTV como o final do tabuleiro.

A seção transversal da rodovia seguiu as recomendações do manual de obra de artes especiais do DNIT para a classe de projeto II, como demonstrada anteriormente na Figura 3.

Para as faixas de desaceleração, utilizou-se a tabela 48 do manual de projeto de interseções do DNIT, sendo os valores adotados expostos na Tabela 2:

Tabela 2: Comprimento de faixas de mudança de velocidade

Velocidade diretriz (km/h)	Teiper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, incluindo teiper (m)	
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h) = 40	
60	55	65	
Velocidade diretriz (km/h)	Teiper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, incluindo teiper (m)	
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h) = 40	
60	55	70	

Fonte: Adaptado de Manual de projetos de interseções do DNIT (2005).

Os fatores de ajustamento das faixas da tabela 49 do mesmo manual não foram utilizados, uma vez que a faixa com maior desnível entre rodovia e via local possui inclinação de aproximadamente 2% apenas.

Observa-se que as faixas totais de mudança de velocidade possuem comprimento menor em relação às rampas de acesso do viaduto, as quais

margeiam. Por este motivo, foi considerada a extensão da rampa com adição de 55 metros do teiper como faixas de aceleração e desaceleração das saídas e entradas da rodovia para a rua local.

3.4 PARÂMETROS EXECUTIVOS

Após o levantamento topográfico, percorreu-se os possíveis acessos para materiais necessários à execução e os desvios de tráfego a serem feitos durante a obra com automóvel a fim de verificar os sentidos e a capacidade das vias próximas. Tais desvios encontram-se representados no capítulo “4. Resultados”.

Para diminuir os problemas com o tráfego no local durante as obras, o melhor período para a realização das obras seria durante o inverno, uma vez que nesse período há redução de tráfego na região, devido a menor procura dos turistas pelo litoral.

3.5 ESTUDO DE TRÁFEGO

Os dados referentes ao estudo de tráfego foram retirados do Plano Diretor Rodoviário para o Estado de Santa Catarina, volume III.4 - A Malha Rodoviária Futura, realizado pelo DEINFRA em 2008, e utilizados no cálculo do número “N” para dimensionamento do pavimento.

Usou-se como base os dados de volumes de tráfegos do trecho “ENTR BR-101 (GARUVA) - ENTR SC-412 (P/ DIVISA SC/PR)”, entorno urbano, da Tabela 5.5 - Volumes médios diários anuais projetados para o ano de 2015 na malha rodoviária de 2011 e com VMDA > 150 vpd (DEINFRA, 2008, p. 126). Os dados utilizados encontram-se na Tabela 3, a seguir. Onde VMDA é o volume médio diário anual, VL o volume médio diário anual de veículos leves, VON o volume médio diário anual de ônibus, VC1 o volume médio diário anual de veículos de carga 1 (caminhões médios e pesados) e VC2 o volume médio diário anual de veículos de carga 2 (semi-reboques e reboques), expressos em veículos por dia (vpd).

Tabela 3: Dados utilizados sobre o estudo de tráfego em Santa Catarina

SIGLA	TRECHO	TIPO REVEST.	ENTORNO	VMDA (vpd)	VL (vpd)	VON (vpd)	VC1 (vpd)	VC2 (vpd)
SC415	ENTR BR 101 (GARUVA) - ENTR SC 412 (P/ DIVISA SC/PR)	PAV. ASFÁLTICA	URBANO	14.166	11.523	58	2.125	461

Fonte: Adaptado de DEINFRA (2008).

3.6 FUNDAÇÕES

Devido à falta de dados sobre o solo da região considerou-se apenas um radier para apoio da estrutura do tabuleiro, seguindo parâmetros e especificações conforme pesquisa em projetos de obras de arte de dimensões e características similares já executadas pela empresa AAD Projetos, Consultoria e Engenharia Ltda.

3.7 MATERIAIS

Com o intuito de realizar um projeto de baixo custo e rápida execução, considerou-se para elaboração do projeto rampas de acesso do viaduto executadas com a técnica de contenção de terra armada e tabuleiro em concreto armado.

3.7.1 Rampas em terra armada

Para execução das rampas considerou-se para um pré-dimensionamento placas pré-fabricadas de concreto de 25MPa com dimensões variadas seguindo o perfil do greide, fitas nervuradas galvanizadas com um comprimento igual à 0,7 H (altura do maciço) e solo com as seguintes características:

- Isento de matéria orgânica;
- Peso específico saturado: $\gamma = 2,2 \text{ tf/m}^3$;
- Ângulo de atrito do solo saturado: maior ou igual a 36° ;
- Fator de atrito solo x armadura: $f_o^* = 1,8$;
- Com menos de 20% de elementos passantes na peneira nº 200;

- Menos de 10% de elementos menores que 0,015 mm e menos de 25% de elementos maiores de 15 mm;
- Sem elementos maiores que 150 mm.

As características do solo foram adotadas com base na NBR 2986 (ABNT, 1986) e a partir de informações dispostas em projetos de obras de arte com o sistema terra armada executados pela empresa AAD Projetos, Consultoria e Engenharia Ltda.

3.8 PAVIMENTAÇÃO

A pavimentação prevista para o local foi em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) a fim de proporcionar maior vida útil e diminuir os efeitos da movimentação da estrutura sobre a camada de revestimento.

Os cálculos das espessuras mínimas das camadas do pavimento seguiram as recomendações e equações dispostas no item 4.3.2.1 Pavimento Flexível - Método do DNER, do Manual de Pavimentação do DNIT (2006), tendo como base o número "N" e o CBR dos materiais em sua composição.

3.9 DRENAGEM

A drenagem prevista para o projeto consiste em sarjetas no tabuleiro, com saídas de água acompanhando o aterro das rampas de acesso de modo a desaguar nos sistemas de captação pré-existent no local (bocas de lobo).

3.10 SINALIZAÇÃO

O manual de sinalizações do DNIT possui diversas recomendações em relação ao dimensionamento das sinalizações básicas para funcionamento de vias, incluindo larguras, espaçamentos, distâncias mínimas, tamanhos de fontes e etc. Sendo assim, para o presente estudo serão abordados apenas um breve estudo das sinalizações necessárias e seu posicionamento, uma vez que este não se trata do foco proposto neste trabalho.

3.11 SERVIÇOS COMPLEMENTARES

3.11.1 Passeio de pedestres

Para este projeto não foi considerado passeio de pedestres sobre o viaduto por não ser justificada a travessia elevada de um ponto a outro já que existem acessos no nível da via secundária.

3.12 DESENHOS

As plantas, elevações e cortes foram desenvolvidos, juntamente com os demais estudos e cálculos, pelos *softwares AutoCad e AutoCAD civil 3D*

A representação em 3D foi elaborada com a utilização do *software Revit*.

3.13 QUANTITATIVO E CUSTOS

Os quantitativos foram elaborados com base nos projetos realizados, e nas unidades de medidas do manual de Custos rodoviários do DNIT, tomando como base para o orçamento os valores disponíveis na tabela SICRO do DNIT e o Referencial de preços do DEINFRA-SC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados todos os dados obtidos no desenvolvimento do estudo e desenhos elaborados necessários para atingir os objetivos propostos neste trabalho.

Plantas, perfis, cortes e detalhes dos desenhos estarão disponíveis nos Apêndices.

4.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Os resultados obtidos no levantamento topográfico referentes aos pontos citados no item 3.2.1 encontram-se na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4: Valores obtidos através do levantamento topográfico

(continua)

Ponto	Ângulo zenital (V)	Ângulo horizontal (H)	DH (m)	DV (m)	DI (m)	E (m)	N (m)	H (m)
E2	89°32'25"	280°09'26"	18,938	-0,108	18,939	-18,641	3,34	-0,108
P1	90°01'12"	312°13'30"	22,494	-0,268	22,494	-16,657	15,117	-0,268
P2	90°12'23"	332°13'30"	33,005	-0,38	33,005	-15,168	29,313	-0,379
P3	90°18'27"	355°55'52"	87,378	0,73		-6,2	87,158	-0,729
P4	90°18'32"	1°23'28"	164,055	-1,144	164,057	3,983	164,007	-1,142
P5	90°22'00"	5°26'05"	141,149	-1,164	141,151	13,37	140,514	-1,162
P6	90°25'29"	4°58'39"	85,566	-0,893		7,424	85,243	-0,894
P7	90°22'15"	4°01'43"	58,316	-0,638	58,317	4,097	58,172	-0,637
P8	90°27'28"	358°16'12"	19,263	-0,414	19,263	-0,582	19,254	-0,414
P9	90°56'33"	75°29'57"	38,123	-0,887	38,128	36,908	9,446	-0,887
P10	90°56'24"	90°49'28"	26,113	-0,689	26,117	26,111	-0,375	-0,687
P11	90°37'05"	110°49'22"	24,973	-0,529	24,974	23,342	-8,878	-0,529
P12	90°11'40"	115°34'54"	35,179	-0,993	35,187	31,731	-15,19	-0,994

Tabela 4: Valores obtidos através do levantamento topográfico

Ponto	(conclusão)							
	Ângulo zenital (V)	Ângulo horizontal (H)	DH (m)	DV (m)	DI (m)	E	N	H
P13	91°13'37"	143°18'14"	24,431	-0,783	24,436	14,599	-19,589	-0,783
P14	90°01'42"	159°35'05"	13,023	-0,267	13,023	4,543	-12,205	-0,267
P15	89°48'23"	199°51'18"	12,904	-0,216	12,904	-4,383	-12,137	-0,216
P16	90°25'25"	190°25'31"	26,964	-0,459	26,965	-4,879	-26,519	-0,459
P17	90°07'53"	189°45'13"	77,063	-0,436	77,063	-13,057	-75,949	-0,436
P18	90°05'57"	197°37'23"	77,774	-0,395	77,774	-23,546	-74,124	-0,394
P19	90°09'34"	204°20'13"	47,76	-0,393	47,761	-19,681	-43,517	-0,393
P20	90°11'59"	33°53'38"	24,705	-0,345	24,705	-19,959	-14,558	-0,345
P21	89°06'06"	260°40'03"	80,552	1,004	80,562	-79,486	-14,062	1,004
P22	89°00'31"	268°29'18"	78,718	1,102	78,736	-78,691	-2,077	1,103
P23	89°49'41"	266°08'48"	20,472	-0,199	20,472	-20,426	-1,376	-0,199
P24	89°59'55"	279°46'33"	17,02	-0,26	17,029	-16,773	2,89	-0,26
P25	91°09'46"	105°18'59"	7,198	-0,406	7,2	6,942	-1,901	-0,406
P26	90°08'13"	148°57'38"	13,324	-0,292	13,324	6,871	-11,416	-0,292
P27	90°28'31"	249°55'46"	2,725	-0,283	2,725	-2,56	-0,935	-0,283

Fonte: A autoria própria

Com os dados da Tabela 4 foram determinadas as curvas de níveis mostradas na Figura 31, equidistantes de 0,1 em 0,1 metro.

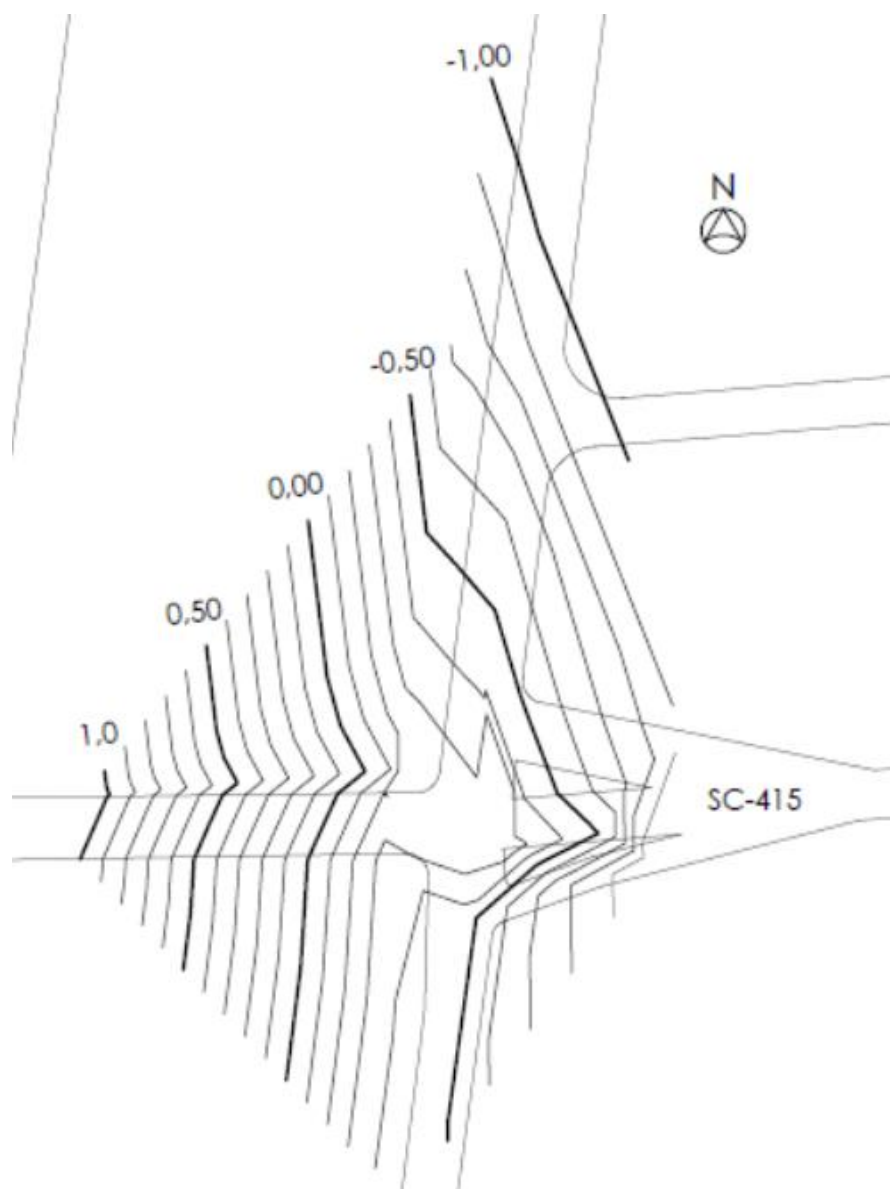


Figura 31: Curvas de nível
Fonte: Autoria própria.

4.2 PROJETO GEOMÉTRICO

Na Figura 32 estão indicados os eixos das vias e o seus estaqueamentos a cada 20 metros, traçado a partir do *Autocad civil 3D*.

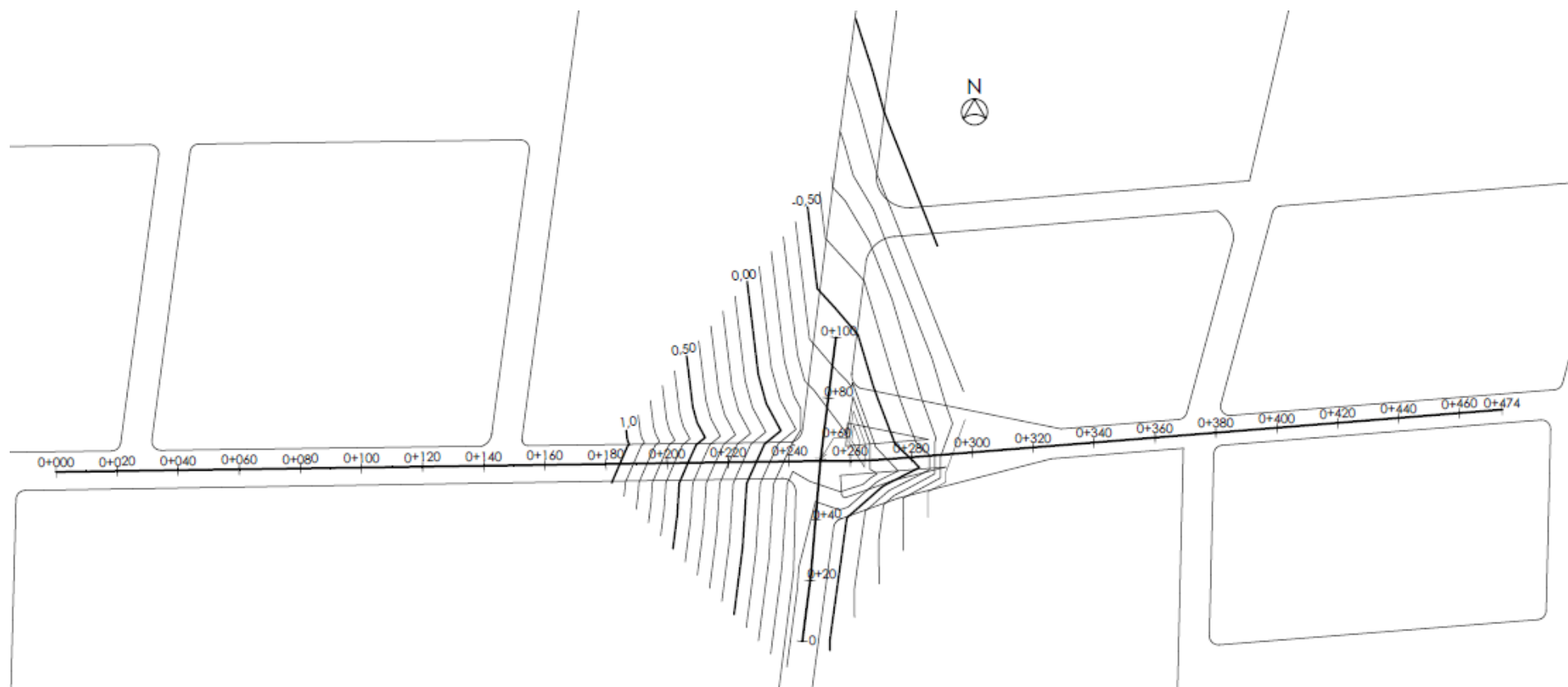


Figura 32: Estaqueamento das vias
Fonte: Autoria própria

Embora a rampa máxima recomendada pelo Manual de obras de arte especiais DNIT (1996) seja de 3%, por se tratar de um trecho de rodovia em ambiente urbano optou-se pelas inclinações de 6% e 6,5%, comumente utilizadas para trechos dentro de cidades, a fim de evitar rampas de acesso demasiadamente extensas, e satisfazendo o gabarito do tabuleiro igual a 5,00 metros. As dimensões das rampas podem ser visualizadas na Figura 33.

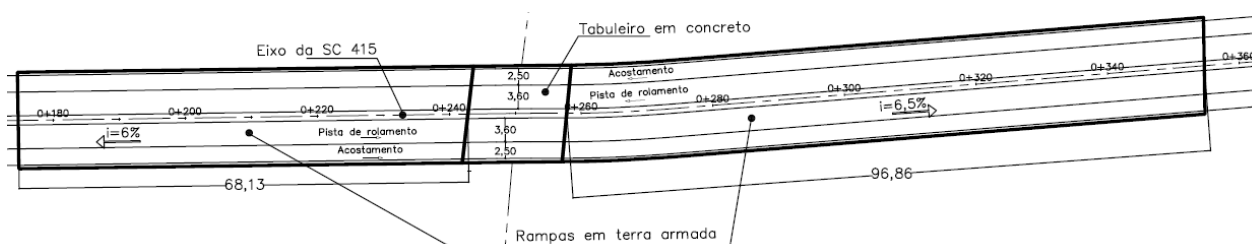


Figura 33: Indicação da geometria das rampas (unidades em metros)
Fonte: Autoria própria.

Pode-se verificar que na transição do tabuleiro para a segunda rampa em terra armada, o eixo da rodovia sofre uma pequena deflexão. Como visto anteriormente, esta mudança de orientação necessita que seja realizado uma curva de concordância horizontal entre os pontos. Entretanto, ao traçar o eixo da rodovia no *software AutoCAD Civil 3D* da Autodesk, há a opção de inserir dados como raio da curva e seu tipo, e o programa cria as concordâncias automaticamente com os parâmetros inseridos anteriormente, dispensando cálculos.

A curva horizontal dimensionada pelo programa é mostrada na Figura 34. Observa-se o ponto de interseção na extensão tracejada dos segmentos (PI), e a leve concordância gerada pelo programa seguindo o eixo da rodovia, representado em linha contínua.

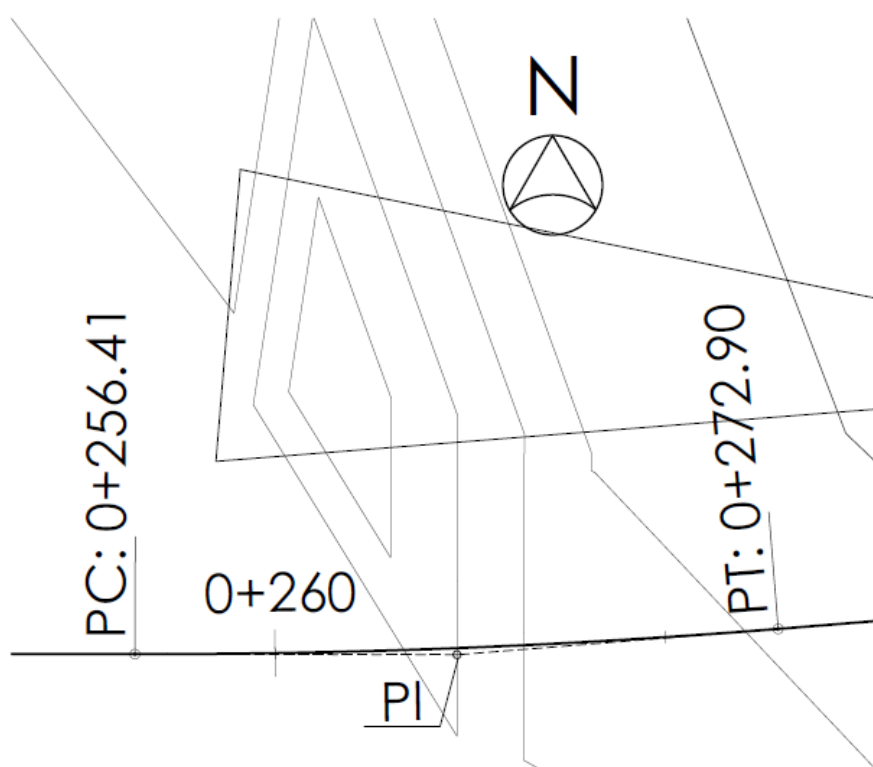


Figura 34: Curva de concordância horizontal traçada pelo AutoCAD civil 3D
Fonte: Autoria própria

4.2.1 Perfis verticais

O Apêndice A apresenta o greide do terreno natural e o greide após a implantação do viaduto no eixo da rodovia SC-415 com base no estaqueamento da mesma.

A concordância vertical sobre o tabuleiro calculada a partir da Equação 1, resultou em uma flecha (F) de aproximadamente 23cm, podendo ser verificada no Corte no Eixo da Rodovia SC-415, Apêndice B deste trabalho.

4.2.2 Seções

As seções da obra de arte, com indicação de inclinações, larguras das faixas e demais materiais e acessórios é apresentado nos Apêndices B e C.

4.3 IMPLANTAÇÃO

A implantação final da obra de arte, com indicações de trechos em terra armada e tabuleiro, estaqueamento, acessórios de segurança e detalhamento de formas encontram-se nos Apêndices A, D, E e F.

No Apêndice H, apresenta-se o projeto em 3D do viaduto executado no *software Revit*.

4.4 PAVIMENTAÇÃO

Com base no processo de cálculo de dimensionamento de pavimentos do Manual de Pavimentação do DNIT, com um número “N” calculado a partir da Equação 3 igual a $2,2 \times 10^6$, CBR do subleito igual a 15%, considerando taxa de crescimento (t) de 3,05% e período de projeto (P) igual a 20 anos, obteve-se as seguintes características e espessuras para as camadas:

- Sub-base: CBR= 20% e espessura de 12cm, solo e brita;
- Base: 13 cm;
- Revestimento: 5 cm de CBUQ;
- Totalizando um pavimento com 30 cm. As camadas podem ser vistas na Figura 35.

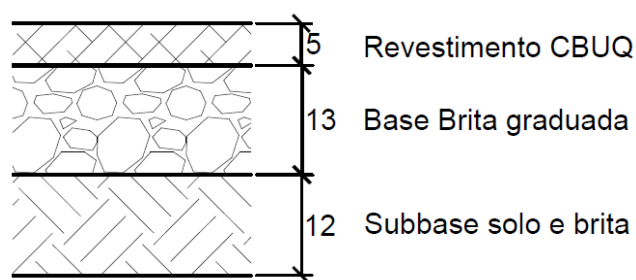


Figura 35: Camadas do pavimento - medidas em cm
Fonte: Autoria própria

4.5 PARÂMETROS EXECUTIVOS

Os desvios previsto de tráfego durante a execução da obra podem ser vistos na Figura 36 a seguir:

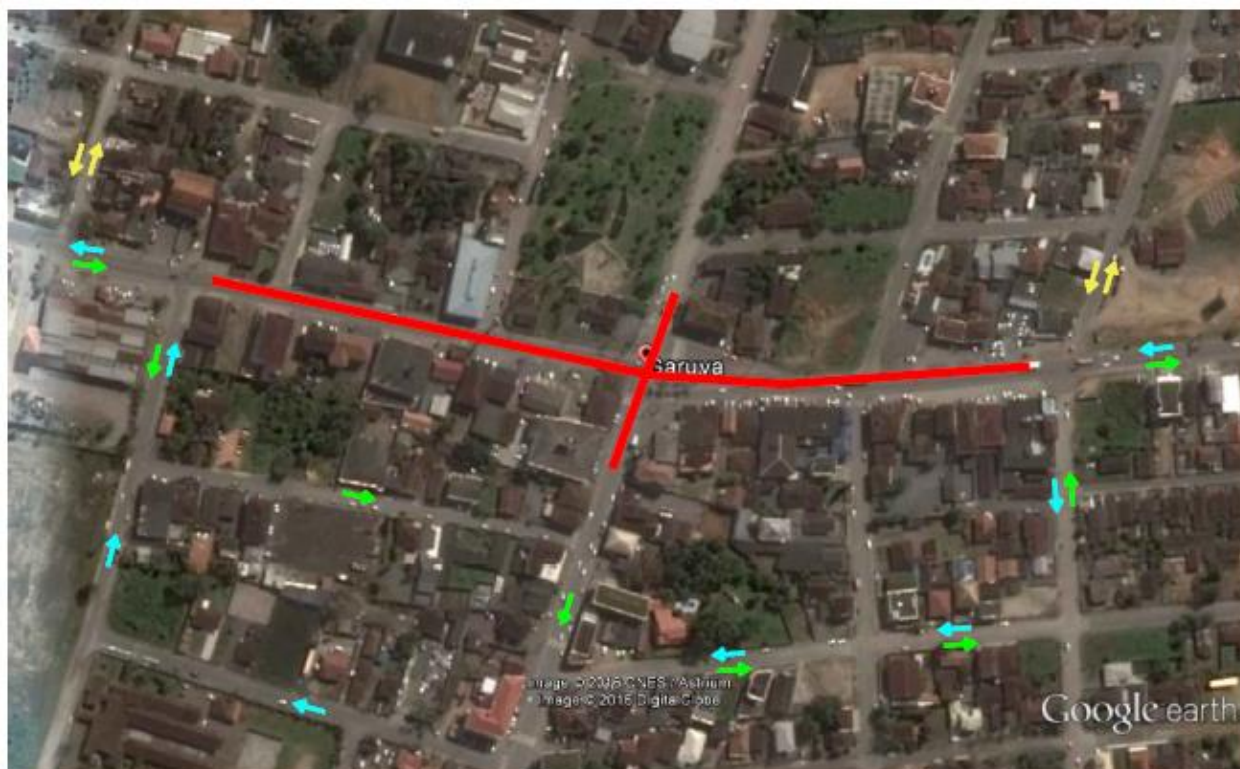


Figura 36: Desvios de tráfego durante a execução da obra
Fonte: Autoria própria

Legenda:

- █ Trecho interditado durante obra
- Desvio do tráfego da BR-101 para litoral
- Desvio do tráfego do litoral para BR-101
- Acesso a cidade

4.6 SINALIZAÇÃO

A previsão de sinalizações para a implantação da obra de arte no local encontram-se ilustradas no Quadro 1. A planta com o posicionamento das placas encontra-se no Apêndice G.

Indicação	Sinalização	Descrição
P1		Dê a preferência
P2		Parada obrigatória
P3		Vire à direita
P4		Vire à esquerda
P5		Placa indicativa de localidades e locais
P6		Placa indicativa de localidades e locais
P7		Placa indicativa de localidades e locais
P8		Placa indicativa de localidades e locais

(continua)

Indicação	Sinalização	Descrição
P9		Velocidade máxima permitida
P10		Altura máxima permitida
P11		Sentido de circulação da via ou pista
P12		Proibido parar e estacionar
P13		Passagem sinalizada de pedestres
P14		Marcador de perigo

Quadro 1: Indicação das sinalizações utilizadas na implantação da obra de arte
Fonte: Adaptado de DNIT (2006).

4.7 QUANTITATIVO E ORÇAMENTO

Com base no referencial de preços de obras rodoviárias do DEINFRA, no Sicro do DNIT e nos projetos elaborados, levantou-se as seguintes quantidades e

valores para os serviços básicos de construção do viaduto, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Quantitativo e orçamento de projeto

(continua)

Serviço	Qtd	Und	R\$ unitário	R\$ total
Retirada de pavimentação CBUQ	500,00	m ³	R\$ 10,19	R\$ 5.096,67
Escavação, carga e transporte do solo	5.000,00	m ³	R\$ 9,90	R\$ 49.500,00
Escavação mecânica para fundação do maciço	4.950,00	m ³	R\$ 15,16	R\$ 75.042,00
Formas de placa compensada plastificada	770,00	m ²	R\$ 71,55	R\$ 55.093,50
Escoramento	13,82	m ³	R\$ 108,93	R\$ 1.505,79
Aquisição, lançamento e cura de concreto magro para lastro	184,11	m ³	R\$ 271,36	R\$ 49.959,00
Aquisição, lançamento e cura de concreto C40 para sapatas, paredes, e lajes inferior e superior	417,56	m ³	R\$ 463,10	R\$ 193.372,04
Aquisição, lançamento e cura de concreto C25 para lajes de transição	36,50	m ³	R\$ 376,86	R\$ 13.755,39
Bombeamento de concreto	638,17	m ³	R\$ 39,03	R\$ 24.907,62
Armadura de Aço CA50 - Fornecimento, dobra e colocação - Sapatas	2.956,50	kg	R\$ 10,62	R\$ 31.394,09
Armadura de Aço CA50 - Fornecimento, dobra e colocação - Paredes	19.564,00	kg	R\$ 10,62	R\$ 207.743,59
Armadura de Aço CA50 - Fornecimento, dobra e colocação - Laje inferior	24.637,50	kg	R\$ 10,62	R\$ 261.617,40
Armadura de Aço CA50 - Fornecimento, dobra e colocação - laje superior	32.850,00	kg	R\$ 10,62	R\$ 348.823,20
Armadura de Aço CA50 - Fornecimento, dobra e colocação - laje transição	14.600,00	kg	R\$ 10,62	R\$ 155.032,53
Confecção de barreira em concreto	520,00	m	R\$ 205,00	R\$ 106.600,00
Elementos construtivos terra armada - muro de greide 0<H<6m	1.152,00	m ²	R\$ 489,89	R\$ 564.353,28

Tabela 5: Quantitativo e orçamento de projeto

					(continua)
Serviço	Qtd	Und	R\$ unitário	R\$ total	
Escamas de concreto	340,00	m ³	R\$ 797,58	R\$	271.177,20
Montagem de maciço de terra armada	2.874,00	m ²	R\$ 105,96	R\$	304.529,04
Material maciço de terra armada	7.200,00	m ³	R\$ 55,00	R\$	396.000,00
Transporte material maciço de terra armada	7.200,00	m ³	R\$ 2,20	R\$	15.840,00
Execução de soleira e arremate de topo	37,42	m ³	R\$ 399,87	R\$	14.963,94
Confecção de barreira em concreto para terra armada	396,00	m	R\$ 690,98	R\$	273.628,08
Pintura sobre estrutura nova de concreto	412,50	m ²	R\$ 62,50	R\$	25.781,25
Regularização de subleito	10.050,00	m ²	R\$ 1,15	R\$	11.557,50
Camada de subbase de solo e brita e=12cm	1.507,50	m ³	R\$ 91,94	R\$	138.599,55
Camada de base de brita graduada e=13cm	1.633,13	m ³	R\$ 91,94	R\$	150.149,51
Imprimação	10.050,00	m ²	R\$ 0,37	R\$	3.718,50
CBUQ e=5cm	1.381,88	t	R\$ 92,58	R\$	127.933,99
Capa selante	10.050,00	m ²	R\$ 1,29	R\$	12.964,50
Regularização de subleito - via secundária	1.725,00	m ²	R\$ 1,15	R\$	1.983,75
Camada de subbase de solo e brita e=10cm - via secundária	187,50	m ³	R\$ 91,94	R\$	17.238,75
Camada de base de brita graduada e=10cm - via secundária	187,50	m ³	R\$ 91,94	R\$	17.238,75
Imprimação - via secundária	1.875,00	m ²	R\$ 0,37	R\$	693,75

Tabela 5: Quantitativo e orçamento de projeto

					(conclusão)	
Serviço	Qtd	Und	R\$ unitário		R\$ total	
CBUQ e=5cm - via secundária	206,25	t	R\$ 92,58	R\$	19.094,63	
Capa selante - via secundária	1.875,00	m ²	R\$ 1,29	R\$	2.418,75	
Calçamento com paver h=8cm, 35MPa	3.125,00	m ²	R\$ 75,09	R\$	234.650,00	
Meio fio de concreto simples pré-fabricado	1.700,00	m	R\$ 28,71	R\$	48.807,68	
Sarjeta	1.700,00	m	R\$ 59,75	R\$	101.575,00	
Caixa coletora com boca de lobo	12,00	und	R\$ 1.809,00	R\$	21.708,00	
Remoção e realocização de postes	36,00	und	R\$ 1.185,21	R\$	42.667,56	
Pinturas de faixas e sinalizações horizontais	1.123,00	m ²	R\$ 17,70	R\$	19.877,10	
Placas	1,00	vb	R\$ 23.000,00	R\$	23.000,00	
TOTAL					R\$ 4.441.592,87	

Fonte: Aatoria própria

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de uma interseção em desnível, como um viaduto, demanda de estudos e equipes de trabalho multidisciplinares para seu total planejamento e execução.

A partir do levantamento de dados como a topografia da região, as dimensões da faixa de domínio, o estudo de tráfego da interseção e demais apresentados ao longo do trabalho, foi possível executar alguns projetos básicos da obra de arte proposta. Tais projetos permitem a visualização da implantação da obra de arte e de suas principais características. Além disto, permitem concluir que apesar das características da região, seria possível implantar o viaduto tipo diamante simples com rampas de acesso em terra armada, obedecendo ao limite da faixa de domínio determinada em decreto estadual e adequando as instalações locais para melhoria do tráfego de veículos e pedestres.

Entretanto, faz-se necessária a avaliação judicial da desapropriação da faixa de domínio por parte de comerciantes do local, uma vez que mesmo prevista em lei, esta pode acarretar em indenizações e restrições adicionais ao projeto.

Além da análise da viabilidade técnica da implantação da obra de arte, foi possível com a execução de levantamentos na região prever a estrutura básica e estimar um orçamento preliminar dos custos de serviços e materiais para a execução do viaduto.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros sugere-se:

- Cálculo e projeto estrutural do viaduto;
- Comparação da solução apresentada com outras soluções para interseções;
- Orçamento detalhado e análise da viabilidade econômica da construção do viaduto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 6484**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 9286**: Terra armada – Especificação. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

B2A CONTENÇÕES. **Fotos - Viaduto Estaiado de Curitiba**. Disponível em: < <http://b2acontencoes.com.br/>>. Acesso em: 09 set. 2015.

CABRAL, Themys. Viadutos e trincheiras na cidade dividem opiniões. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 27 set. 2008. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/viadutos-e-trincheiras-na-cidade-dividem-opinioes-b752b6799t6xa9v7mfk0k4qj2>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

CASTRO, Bruno Almeida Cunha de. Notas de aula no curso de construção de estradas e vias urbanas. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia. Minas Gerais, [20--?]. Disponível em: < <http://www.etg.ufmg.br/ensino/transportes/disciplinas/etg033/turmaa/tb09.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

CHICO DO UBERABA. Disponível em: <<http://www.chicodouberaba.com.br/wp-content/uploads/2015/01/ponte-estaiada.jpg>>. Acesso em: 09 set. 2015.

CINTRA, J.C.A.; AOKI, N. **Fundações por Estacas: Projeto Geotécnico**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2010.

CORSINI, Rodnei. Terra armada. **Revista Infraestrutura Urbana**, São Paulo: Pini, Edição 23, nov. 2013. Disponível em: <<http://www.infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/23/artigo276269-1.aspx>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

CONSÓRCIO VIÁRIO AEROPORTO. **Proposta de preços e documentos de habilitação**. Vol. II 2012. Curitiba, 2012.

DANTAS, B. T. **Análise do comportamento de estruturas de solo reforçado sob condições de trabalho**. 2004. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **IS-110/10**: Instruções de serviço para estudos de tráfego. Rio Grande do Sul: EET/SPQ, 2010.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA. **Faixa de domínio**. Disponível em <<http://www.deinfra.sc.gov.br/fxd/faixadedominio.jsp>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA. **Plano Diretor Rodoviário para o Estado de Santa Catarina**. Volume III.4 - A Malha Rodoviária Futura. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/plano_rodoviario/download/Volume_III.4_A_Malha_Rodoviaria_Futura.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA DE SANTA CATARINA. **Referencial de preços de obras rodoviárias**. Agosto, 2013. Disponível em: <<http://www.deinfra.sc.gov.br/referencialDePrecos.do>>. Acesso em: 10 jun. 2016

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto de obras de arte especiais**. Rio de Janeiro: IPR, 1996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Diretrizes básicas para estudos e projetos rodoviários: escopos básicos / instruções de serviço**. 3 .ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

_____. **DNIT /2009 - ES**: Pontes e viadutos rodoviários – Estruturas de concreto armado: Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

_____. **DNIT 003/2009 – PRO**: Criação e Incorporação de acesso, anel ou contorno rodoviário – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

_____. **DNIT 010/2004 – PRO**: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

_____. **DNIT 031/2006 - ES**: Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

_____. **DNIT 110/2009 - ES: Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Execução de barreiras de concreto – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: IPR, 2009

_____. **Manual de custos rodoviários.** Volume 4, 3.ed. Rio de Janeiro: IPR, 2003.

_____. **Manual de drenagem de rodovias.** 2.ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

_____. **Manual de estudos de tráfego.** Rio de Janeiro: IPR, 2006.

_____. **Manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

_____. **Manual de projeto de interseções.** 2.ed. Rio de Janeiro: IPR, 2005.

_____. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas.** Rio de Janeiro: IPR, 2010.

_____. **Manual de sinalização rodoviária.** Rio de Janeiro: IPR, 2006.

_____. **Sistema de custos rodoviários.** Santa Catarina: DNIT, 2015.

FARCIMAR. **Produtos e Serviços.** Disponível em: <<http://farcimar.pt/pt/produtos-e-servicos.36/muros-de-suporte.45/muros-de-fragilidade-dirigida.a81.html>>. Acesso em: 14 out. 2015.

GERSCOVICH, Denise M S. **Muros de arrimo.** Disponível em <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>>. Acesso em 05 de jul. 2016.

GOOGLE EARTH. **Interseção em Y entre a BR-277 e a Rodovia do Xisto, Curitiba-PR.** 2016. Acesso em 12 jun. 2016

GOOGLE EARTH. **Trevo interseção das BR-476 e BR-376, Curitiba-PR.** 2016. Acesso em 12 jun. 2016

GOOGLE MAPS. **Garuva, Santa Catarina.** 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Garuva,+SC/@-26.028889,-48.8572581,17.75z/data=!4m5!3m4!1s0x94dc04ecd7709991:0x91fa53b8c6ced1e0!8m2!3d-26.0296737!4d-48.8555034>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

GOOGLE MAPS. **Viaduto da Avenida Victor Ferreira do Amaral - Curitiba, PR.** 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-25.4294707,-49.2287823,3a,75y,348.31h,82.42t/data=!3m6!1e1!3m4!1sLrrmjjsKWYjzOw8HiHDEw!2e0!7i13312!8i6656>>. Acesso em: 09 set. 2015.

HIPÓLITO, Vinicius Milhan. Viaduto estaiado com estrutura mista. **Revista Infraestrutura Urbana**, São Paulo: Pini, Edição 26, maio 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/26/viaduto-estaiado-com-estrutura-mista-280935-1.aspx>>. Acesso em: 14 out. 2015.

LEIS ESTADUAIS. Legislação Estadual de Santa Catarina. **Decreto Nº 2386, de 25 de agosto de 2004.** Disponível em: <<http://www.leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-2386-2004-santa-catarina-declara-de-utilidade-publica-para-fins-de-desapropriacao-amigavel-ou-judicial-os-bens-imoveis-constantas-das-seguintes-areas>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

MARAGON, M. **Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra.** Disponível em: <http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/togot_Unid04EstabilidadeTaludes01.pdf>. Acesso em 05 de jul. 2016.

MUNICÍPIO DE GARUVA. **Município.** Disponível em: <<http://www.garuva.sc.gov.br/municipio/index/codMapaltem/18554>>. Acesso em: 08 set. 2015.

MURO ARMADO. **Tipos de muros.** Disponível em: <<http://www.muroarmado.com.br/#!tipos-de-muros/c8ui>>. Acesso em: 08 out. 2015.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Magnetic Declination Estimated Value.** Disponível em: <<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

OLIVEIRA, Dayana Corrêa de et al. Estudo de viabilidade técnica de implantação de um viaduto entre a interseção das avenidas Olinto Meireles e Waldir Soeiro Emrich. **Pós em Revista**, Minas Gerais: Centro Universitário Newton Paiva, Número 7, n. 1, 2013. Disponível em: <http://issuu.com/publicanewton/docs/pos_em_revista_numero_7/127>. Acesso em: 05 set. 2015.

PONTES FILHO, GLAUCO. **Estradas de rodagem: projeto geométrico.** São Carlos: G. Pontes Filho, 1998.

REINFORCED EARTH. **Construction and Quality Control Procedures Manual.** Reston, 2014. 32 p. Disponível em: <http://www.reinforcedearth.com/sites/default/files/construction_and_quality_control_procedures_manual_-_cruciform_panels_.pdf>. Acesso em: 08 out. 2015.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Nadine H. da. **Muros de Terra Armada – Verificação da Segurança**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2012.

SOBRINHO, M.J.M. **Modelação Numérica do Comportamento de um Muro de Terra Armada da Autoestrada A4. Comparação com os Resultados de Instrumentação**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, 2013.

SOLO ARMADO. **Obras**. Disponível em: <<http://www.soloarmado.com.br/home.htm>>. Acesso em: 08 out. 2015.

SOLONET. **Fundações profundas**. Disponível em: <<http://www.solonet.eng.br/profunda.htm#percus>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SOTEPA. **Contorno de Garuva**. Disponível em: <<http://sotepa.com.br/videos.html>>. Acesso em: 08 set. 2015.

TERRA ARMADA. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.terraarmada.com.br/produtos.php?x=249752>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

_____. **Projetos**. Disponível em: <<http://www.terraarmada.com.br/projetos.php?ord=alfa&propg=12&x=753125&anc=1>>. Acesso em: 07 out. 2015.

TERRE ARMÉE. **Terre Armée**. França, 2014, 15 p. Disponível em: <[http://www.terre-armee.com/ta/wterrearmee_fr.nsf/0/7200B9A259F7345FC1257D230051F7D8/\\$file/TA%20TECHNIQUE_FR_V02.PDF](http://www.terre-armee.com/ta/wterrearmee_fr.nsf/0/7200B9A259F7345FC1257D230051F7D8/$file/TA%20TECHNIQUE_FR_V02.PDF)>. Acesso em: 07 out. 2015.

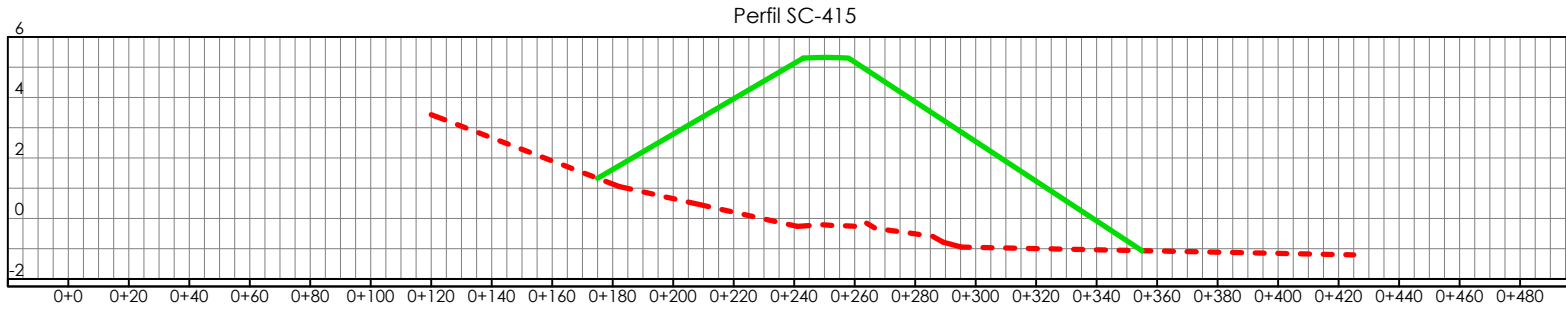
TOPOGRAFIA GERAL. **Elementos geométricos das estradas de rodagem**. Disponível em <<http://www.topografiageral.com/Curso/capitulo%2005.php>>. Acesso em 05 de jul. 2016.

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ. **Muralha da China**. Disponível em: <<http://www.univali.br/vida-no-campus/portal-do-egresso/conexao-egresso/PublishingImages/muralha%20da%20china.jpg>>. Acesso em: 15 set. 2015.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife: CREA-PE, 2002.

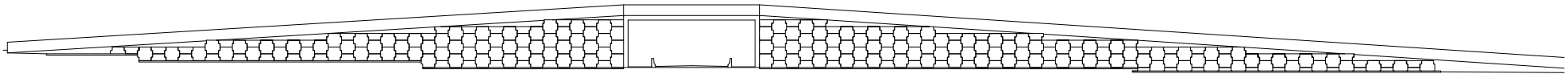
WISEGEEK. **Ziggurat of chocqa zanbil**. Disponível em: <<http://images.wisegeek.com/ziggurat-of-chocqa-zanbil.jpg>>. Acesso em: 15 set. 2015.

APÉNDICES

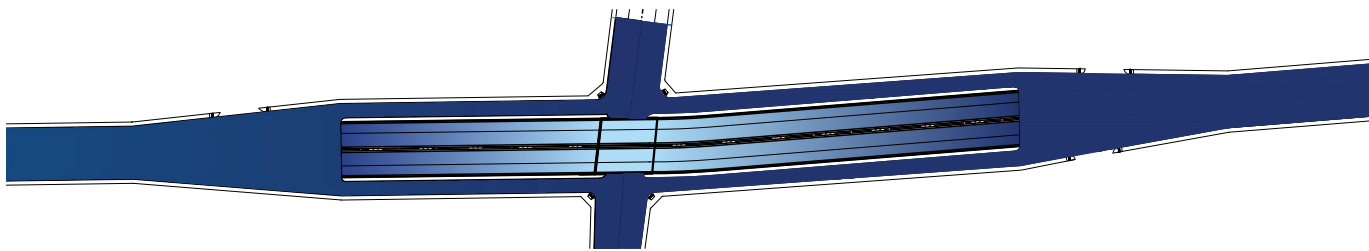


LEGENDA
 - - Perfil natural
 — Perfil viaduto

GREIDE
 ESC V.: 1/250
 ESC H.: 1/2500



ELEVAÇÃO DO VIADUTO
 ESC.: 1/500



PLANTA DA OBRA DE ARTE
 ESC.: 1/2000

LEGENDA

 -1,0m 5,5m

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

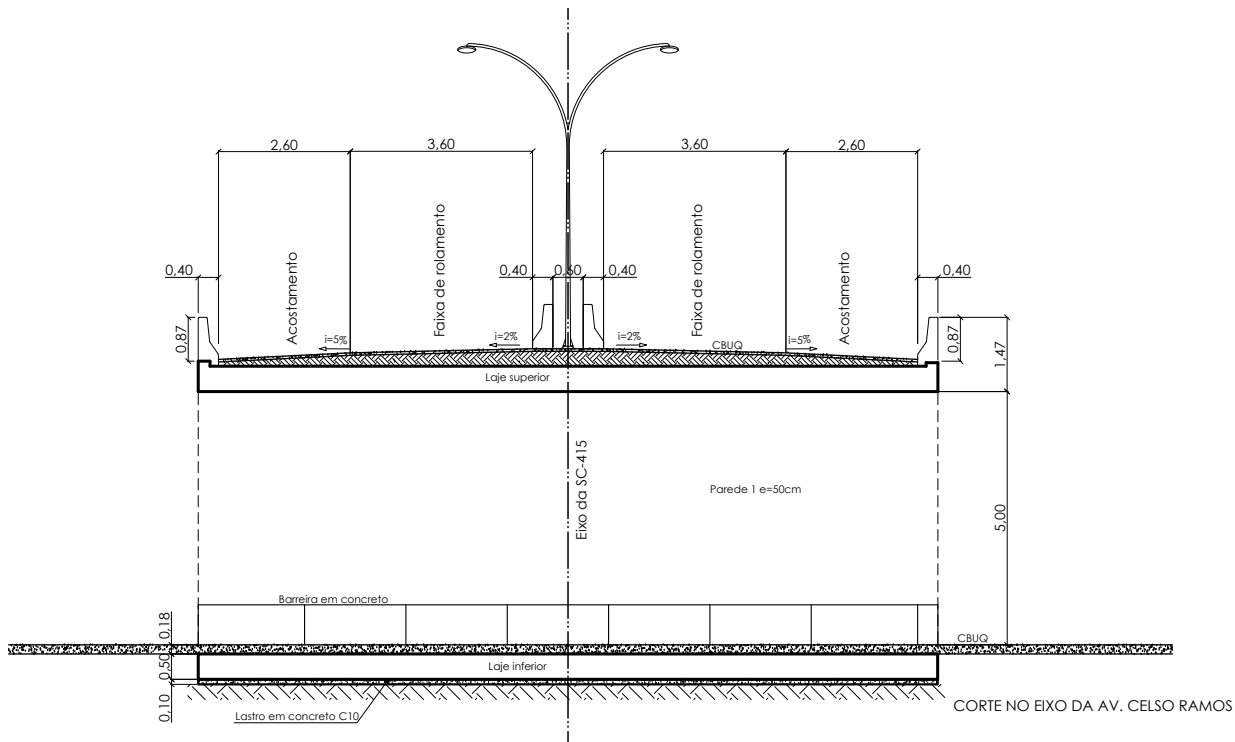
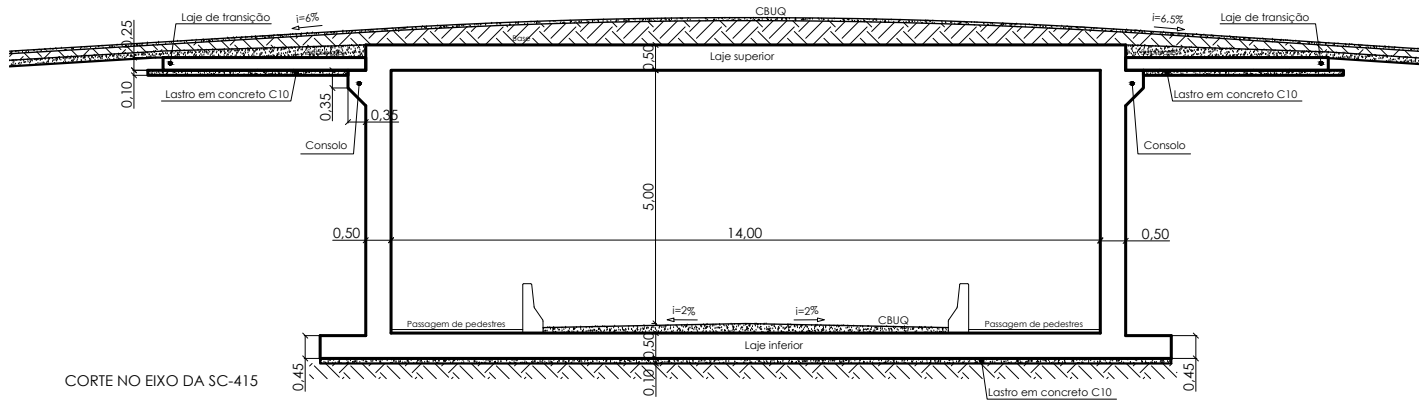
PROJETO:
 PROJETO VIADUTO GARUVA - SC

REFERÊNCIA:
 APÊNDICE A

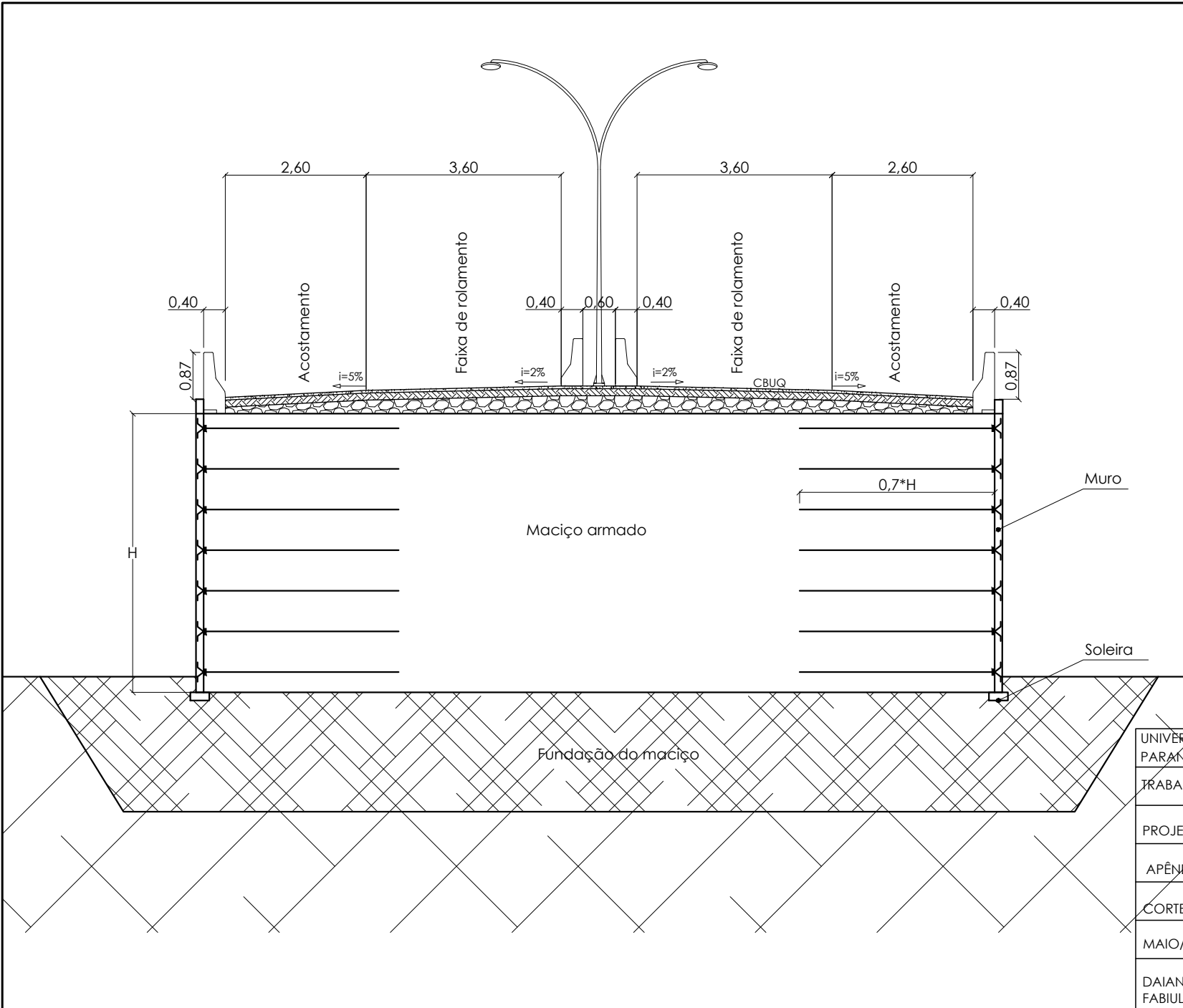
TÍTULO: GREIDE ELEVAÇÃO	ESCALA: INDICADA
-------------------------------	---------------------

DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 01 de 08
--------------------	----------------------

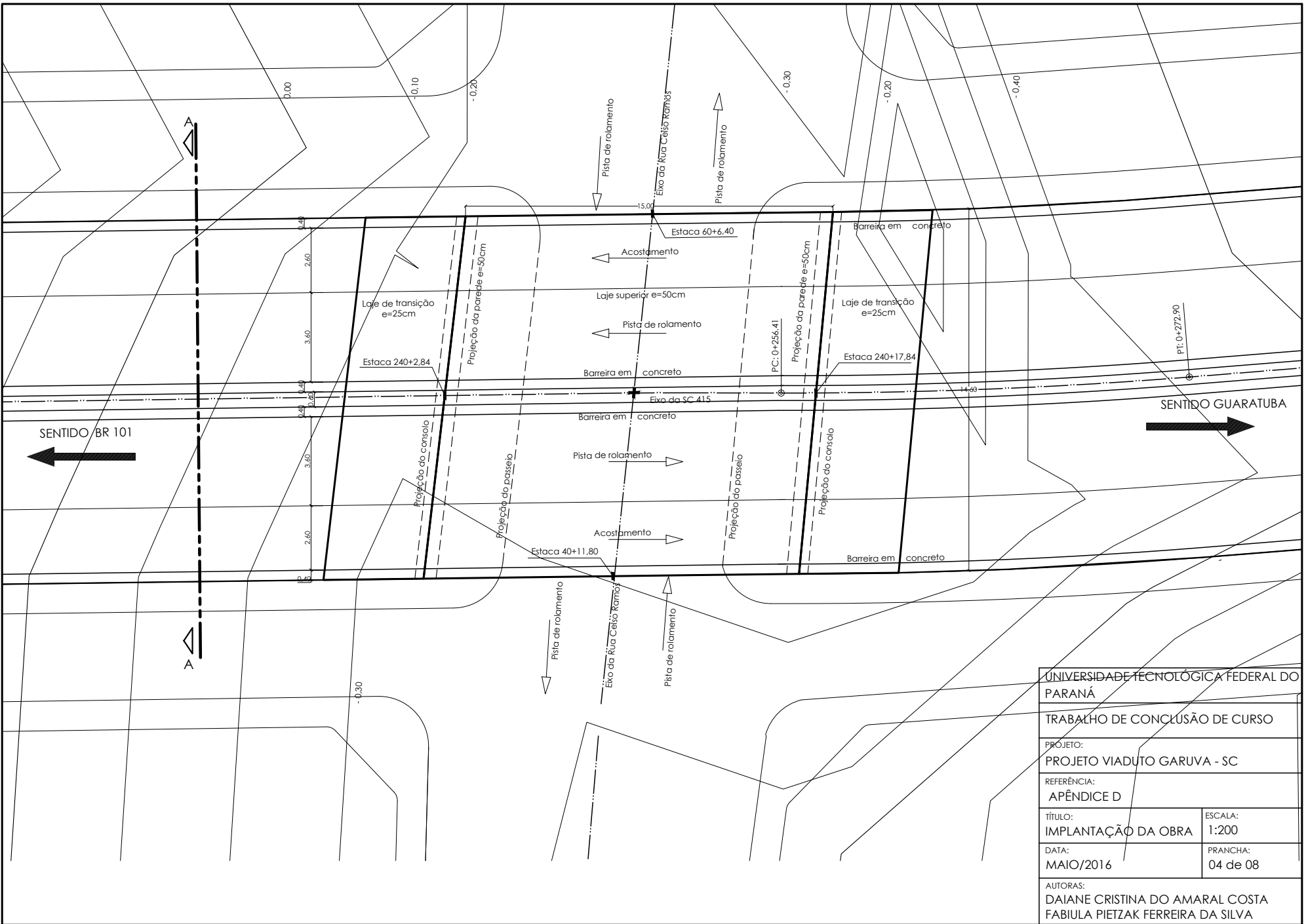
AUTORAS:
 DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA
 FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA



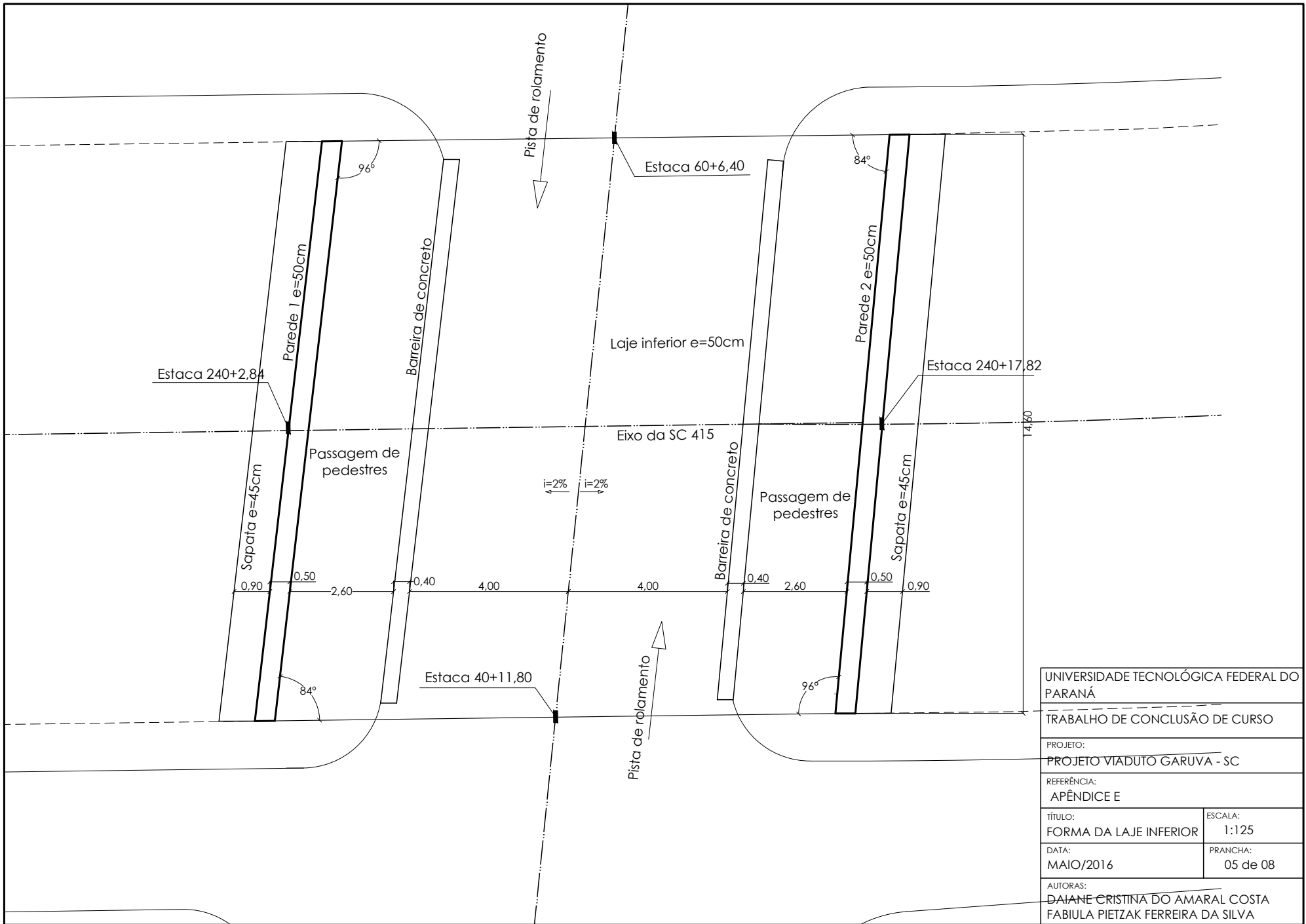
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE B	
TÍTULO: CORTES NOS EIXOS	ESCALA: 1:150
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 02 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	



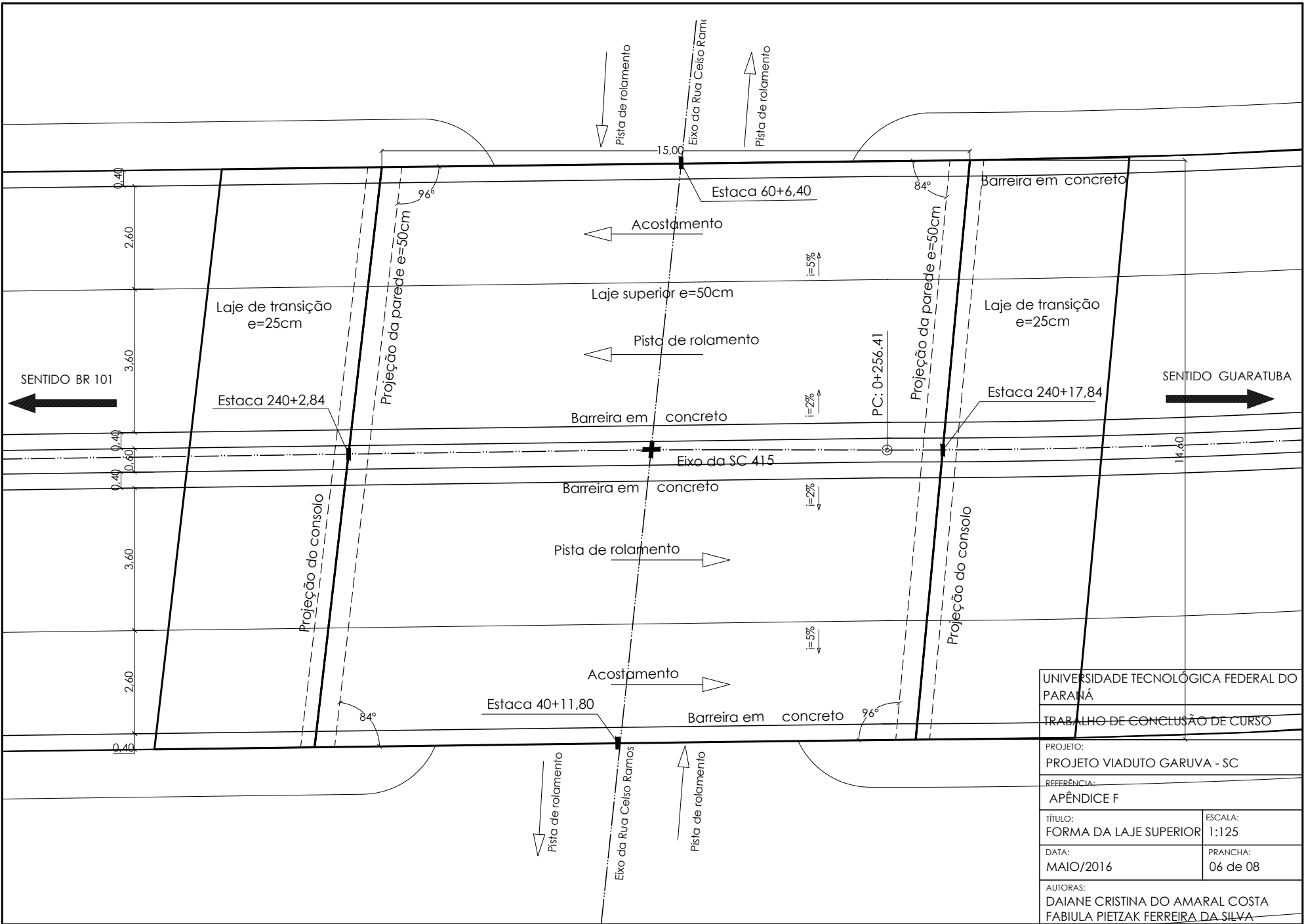
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE C	
TÍTULO: CORTE AA	ESCALA: 1:100
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 03 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	



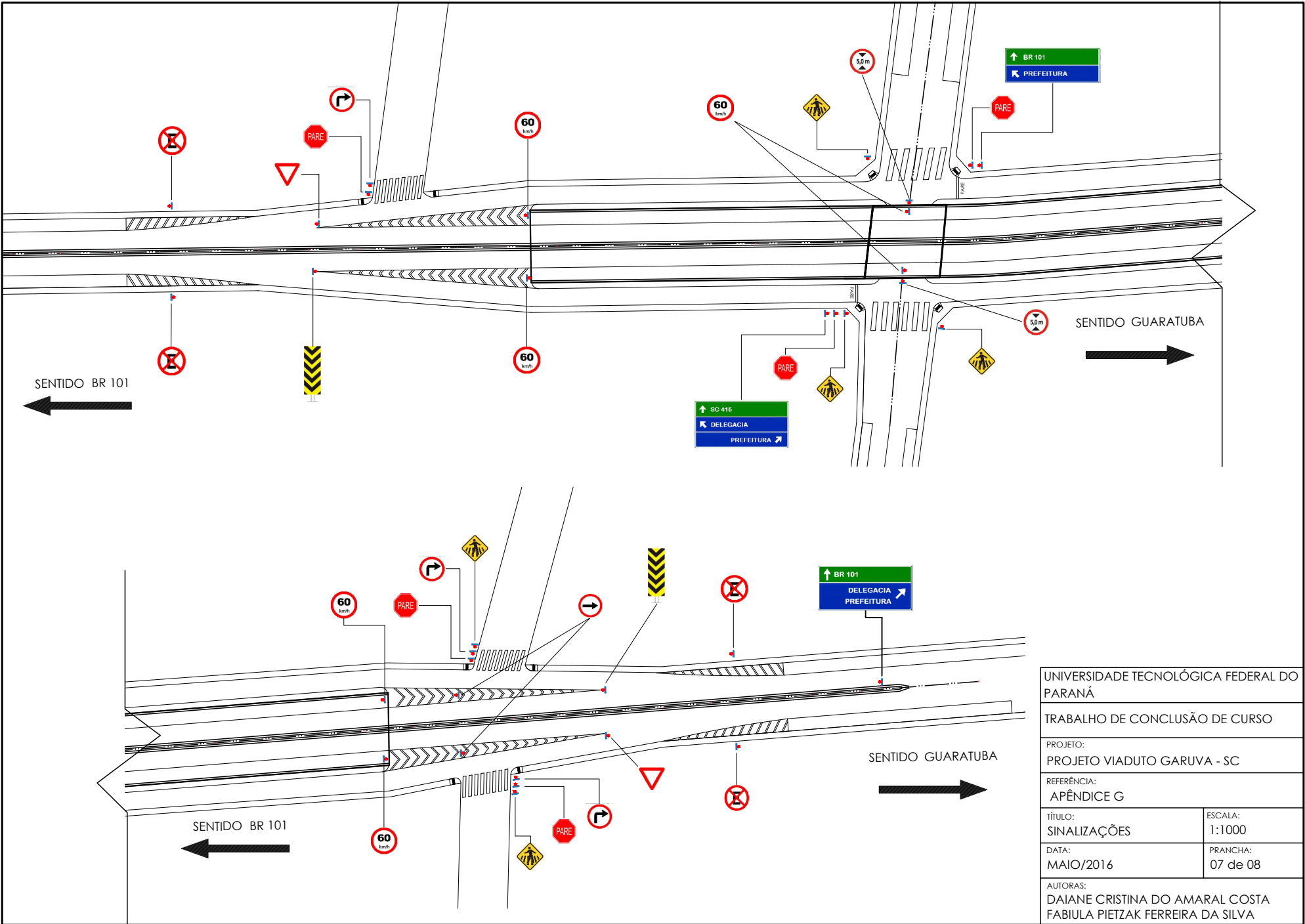
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE D	
TÍTULO: IMPLANTAÇÃO DA OBRA	ESCALA: 1:200
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 04 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	



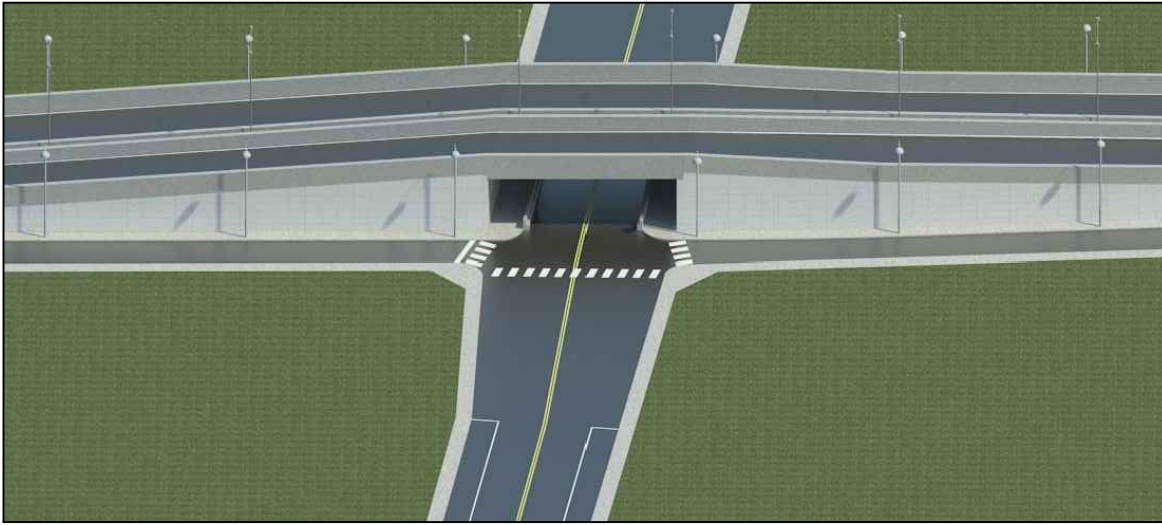
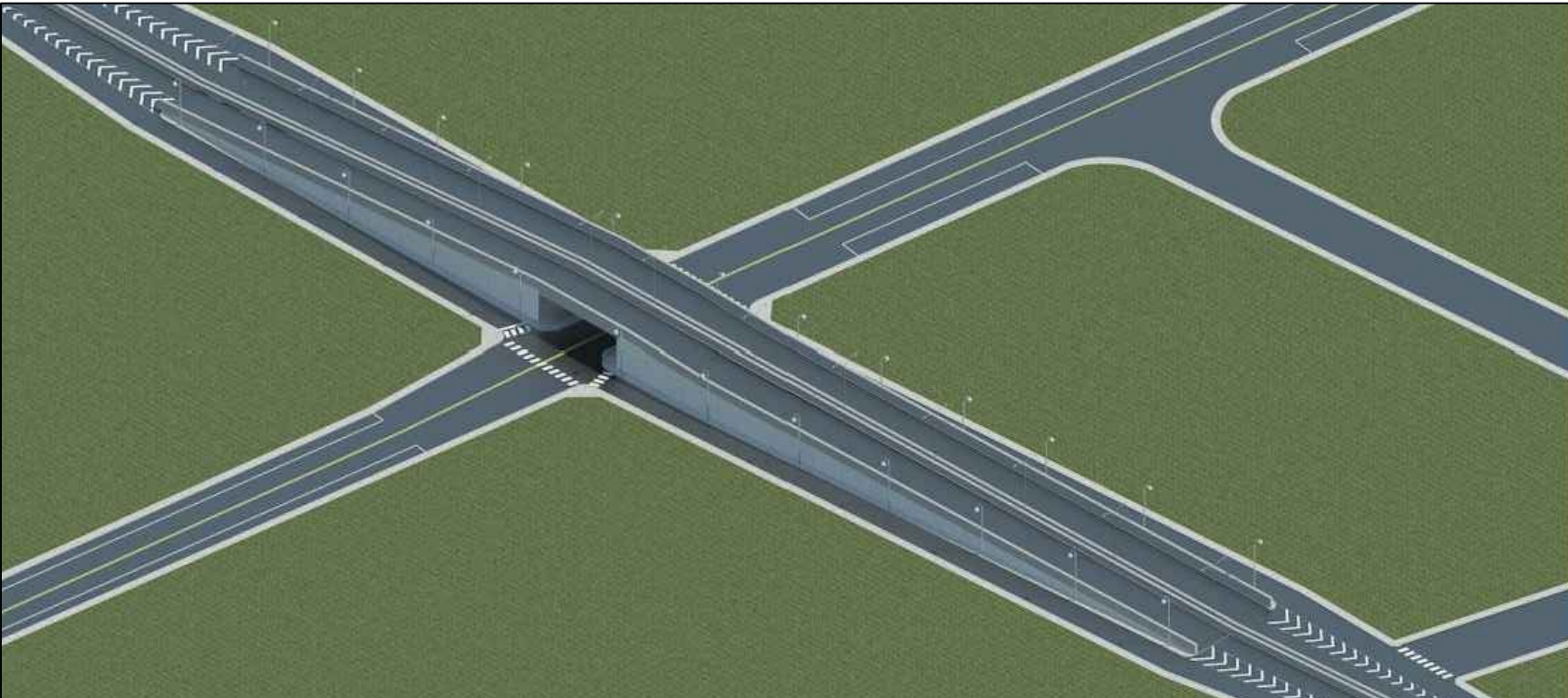
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE E	
TÍTULO: FORMA DA LAJE INFERIOR	ESCALA: 1:125
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 05 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE F	
TÍTULO: FORMA DA LAJE SUPERIOR	ESCALA: 1:125
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 06 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE G	
TÍTULO: SINALIZAÇÕES	ESCALA: 1:1000
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 07 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
PROJETO: PROJETO VIADUTO GARUVA - SC	
REFERÊNCIA: APÊNDICE H	
TÍTULO: ELEVAÇÃO 3D	ESCALA: S/ ESC.
DATA: MAIO/2016	PRANCHA: 08 de 08
AUTORAS: DAIANE CRISTINA DO AMARAL COSTA FABIULA PIETZAK FERREIRA DA SILVA	