

**SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO RN
SINDUSCON/RN**

**PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA
IMPLANTAÇÃO DA ROTA SUL**

Rodovia: ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)

Trecho 1: ERN-0020 (Entr. BR 101 / Entr. RN – 063)

Extensão: 12,72 Km

Trecho 2: Entr. Av. Olavo Lacerda Montenegro / Entr. RN – 313

Extensão: 4,00 Km

**RELATÓRIO FINAL
VOLUME 01 – RELATÓRIO DO PROJETO**

**SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO RN
SINDUSCON/RN**

**PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA
IMPLANTAÇÃO DA ROTA SUL**

Rodovia: ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)

Trecho 1: ERN-0020 (Entr. BR 101 / Entr. RN – 063)

Extensão: 12,72 Km

Trecho 2: Entr. Av. Olavo Lacerda Montenegro / Entr. RN – 313

Extensão: 4,00 Km

RELATÓRIO FINAL

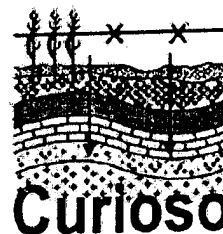
VOLUME 01 – RELATÓRIO DO PROJETO

Elaboração do projeto executivo de engenharia para implantação da Rota Sul com extensão total de 16,72 Km. Este novo corredor viário possibilitará acesso rápido e com maior fluidez a zona sul de Natal, Parnamirim, Zona de Expansão Urbana de Nísia Floresta, saída para João Pessoa/Recife e praias do litoral sul como Cotovelo e Pirangi.

Julho/2017



**EMPRESAS CONTRATADAS PARA DESENVOLVIMENTO
DO PROJETO EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA
IMPLANTAÇÃO DA ROTA SUL**



SUMÁRIO

1- Apresentação	1
1.1- Mapa de situação	5
2- Resumo das soluções propostas	6
2.1- Características atuais e generalidades	7
2.2- Diagrama linear de pavimentação - DLP	11
2.3- Objetivos da Rota Sul	12
2.4- Características	15
2.5- Planejamento futuro	18
3- Estudos de campo	19
3.1- Estudos geotécnicos	20
3.1-1. Considerações gerais	20
3.1-2. Estudos do subleito	20
3.1-3. Empréstimos	20
3.1-4. Subleito	21
3.1-5. Jazidas	25
3.2- Estudos topográficos	27
3.2-1. Localização	27
3.2-2. Nivelamento do eixo de localização	27
3.2-3. Levantamento de seções transversais	28
3.2-4. Cálculos elaborados	28
3.2-5. Apresentação do estudo	28
3.2-6. Relação de Marcos	29
3.3- Estudos hidrológicos	29
3.3-1. Introdução	29
3.3-2. Características da região	30
3.3-3. Definições	30
3.3-4. Intensidade da chuva	32
3.3-5. Estudos das Bacias Hidrográficas	33
3.3-6. Bacias de grande porte	34
3.3-6.1. Bacia do bueiro existente do Rio Taborda	34
3.3-6.2. Bacia da ponte sobre o Rio Taborda	47

3.3-7. Justificativa.....	52
3.3-8. Conclusão.....	52
4- Projetos Elaborados	53
4.1- Projeto Geométrico	54
4.1-1. Considerações gerais	54
4.1-2. Projeto em planta	55
4.1-3. Projeto em perfil	57
4.1-4. Seção transversal das rodovias	59
4.1-5. Apresentação	59
4.2- Projeto de Terraplenagem	60
4.2-1. Considerações gerais	60
4.2-2. Elementos básicos	60
4.2-3. Movimento de terra	60
4.2-4. Natureza dos materiais a escavar	61
4.2-5. Seções transversais típicas de terraplenagem.....	62
4.2-6. Apresentação	67
4.3- Projeto de Drenagem.....	68
4.3-1. Introdução	68
4.3-2. Drenagem superficial	68
4.3-3. Obras de arte corrente	68
4.3-4. Dimensionamento dos bueiros	70
4.3-5. Verificação da capacidade hidráulica do bueiro do Rio Taborda.....	71
4.3-6. Considerações iniciais e dimens. da ponte sobre o rio Taborda	73
4.3-7. Determinação do vão da Ponte	76
4.3-8. Considerações finais da ponte	79
4.3-9. Dimensionamento das galerias	79
4.3-10. Apresentação	81
4.4- Projeto de Pavimentação.....	82
4.4-1. Objetivo	82
4.4-2. Hipótese de cálculo	82
4.4-3. Determinação do número N para o sistema viário	83
4.4-4. Determinação do número N para a ciclovia	89
4.4-5. Determinação do CBR do subleito	90

4.4-6. Dimens. das camadas do pavimento da pista de rolamento.....	93
4.4-7. Dimensionamento das camadas do pavimento da ciclovia	99
4.4-8. Seções transversais típicas de pavimentação	100
4.4-9. Pavimento existente do Trecho 02.....	103
4.4-10. Apresentação.....	103
4.5- Projeto de Sinalização	104
4.5-1. Objetivo do projeto	104
4.5-2. Considerações	104
4.5-3. Desenvolvimento.....	105
4.5-4. Placas de Regulamentação	105
4.5-5. Placas de Advertência	106
4.5-6. Placas de Indicação	108
4.5-7. Ciclovia	108
4.5-8. Considerações finais.....	108
4.5-9. Apresentação	109
4.6- Obras complementares	109
4.6-1. Defesa metálica	109
4.6-2. Postes a serem removidos.....	110
5- Quantitativos	113
5.1- Quadro das quantidades de serviços	113
5.1.1 Quadro das quantidades de serviços do Trecho 01.....	113
5.1.2 Quadro das quantidades de serviços do Trecho 02.....	116
5.2- Quadro resumo das distâncias de transportes	119
6- Diagrama de loc. das fontes de materiais para pav. e inst. industriais	122
7- Plano de execução das obras.....	123
7.1- Cronograma de execução das obras.....	123
7.2- Relação do pessoal técnico necessário à execução da obra	124
7.3- Relação do equipamento mínimo para a execução da obra.....	125
7.4- Esquema do canteiro de obras	126
7.5- Plano de ataque de obra	127
8- Especificações de Serviços	130
9-Atestado de Responsabilidade Técnica da Empresa	138
10- Atestado de Responsabilidade Técnica dos Responsáveis.....	140

Relação de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos ensaios de subleito – Trecho 1	23
Tabela 2 – Resumo dos ensaios de subleito – Trecho 2.....	24
Tabela 3 – Quadro de marcos	29
Tabela 4 – Tempos de recorrência para as obras hidráulicas.....	31
Tabela 5 – Intensidades máximas.....	31
Tabela 6 – Bacias de contribuição dos bueiros simples de concreto	34
Tabela 7 – Características da bacia	35
Tabela 8 – Intensidade x Duração x Frequência posto Natal p/ 25 anos	40
Tabela 9 – Precipitação de projeto	41
Tabela 10 – Número de curva (CN)	43
Tabela 11 – Hidrograma Unitário Triangular	44
Tabela 12 – Característica da Bacia 06	47
Tabela 13 – Intensidade x Duração x Frequência	48
Tabela 14 – Precipitação de projeto.....	49
Tabela 15 – Hidrograma Unitário Triangular	49
Tabela 16 – Características gerais para o projeto.....	55
Tabela 17 – Características gerais para o projeto geométrico	55
Tabela 18 – Características das curvas circulares	56
Tabela 19 – Características das curvas espirais	57
Tabela 20 – Faixa de declividades do Trecho 01	58
Tabela 21 – Faixa de declividades do Trecho 02	58
Tabela 22 – Cubação das vias	61
Tabela 23 – Resumo dos bueiros.....	68
Tabela 24 – Bueiros funcionando como canal.....	70
Tabela 25 – Resumo dos bueiros.....	71
Tabela 26 – Resumo dos bueiros.....	72
Tabela 27 – HUT	73
Tabela 28 – Coeficiente de Manning	74
Tabela 29 – Comportamento do $AR^{2/3}$	76
Tabela 30 – Comportamento da seção transversal da ponte	77
Tabela 31 – Resumo do dispositivo de drenagem	79
Tabela 32 – Resumo das galerias	80

Tabela 33 – Volume de tráfego	84
Tabela 34 – Conjunto de eixos dos veículos	85
Tabela 35 – Carga máxima por eixo	86
Tabela 36 – Características dos veículos	87
Tabela 37 – Fator equivalente por eixo	87
Tabela 38 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego	90
Tabela 39 – Faixas granulométricas adotadas pelo DNIT	91
Tabela 40 – Valores de t_{90}	92
Tabela 41 – Espessura mínima de Revestimento Betuminoso	94
Tabela 42 – Coeficiente de Equivalência Estrutural	94
Tabela 43 – Defensas metálicas	109
Tabela 44 – Postes a serem removidos	110
Tabela 45 – Quadro de equipe técnica	124
Tabela 46 – Relação do equipamento mínimo para a execução da obra	125

Relação de Figuras

Figura 1 – Mapa de situação	5
Figura 2 – Objetivos da implantação	14
Figura 3 – Plataforma tipo 01	16
Figura 4 – Plataforma tipo 02	17
Figura 5 – Planejamento futuro	18
Figura 6 – Localização dos furos de sondagem no subleito	22
Figura 7 – Localização da Pedreira Potiguar, do Areal, da área de Empréstimo e da Jazida de base para mistura do solo-brita	26
Figura 8 – Bacias de contribuição dos bueiros simples de concreto	33
Figura 9 – Características da bacia	35
Figura 10 – Características da bacia	47
Figura 11 – Seções transversais típicas de terraplenagem	62
Figura 12 – Seção genérica do rio	75
Figura 13 – Seção genérica de escoamento	75
Figura 14 – Seção de escoamento do Rio Taborda	77
Figura 15 – Camadas do pavimento	93
Figura 16 – Espessura das camadas do pavimento	97
Figura 17 – Seções transversais típicas de pavimentação	100

Relação de Gráficos

Gráfico 1 – Diagrama linear de pavimentação - DLP	11
Gráfico 2 – Intensidade x Duração x Frequência	32
Gráfico 3 – Chuva na área/chuva pontual	41
Gráfico 4 – Curva da distribuição acumulada	42
Gráfico 5 – Hidrograma Triangular Composto p/ bacia do bueiro no rio Taborda	46
Gráfico 6 – Hidrograma Triangular Comp. da bacia da ponte sobre o rio Taborda ...	51
Gráfico 7 – $h \times ARh^{2/3}$	78
Gráfico 8 – $h \times$ velocidade	78
Gráfico 9 – Eixo simples	88
Gráfico 10 – Eixo Tandem	88
Gráfico 11 – Espessura do pavimento	96

1. Apresentação

A rodovia estadual RN 313, que liga a BR 101 à comunidade de Pium e às praias dos municípios de Parnamirim e Nísia Floresta implantada em 1985/1986, sofrerá uma intervenção objetivando sua duplicação. Esse projeto de duplicação mais a implantação de um trecho de ligação entre a Avenida Professor Olavo Montenegro e a referida rodovia estadual foi denominado de ROTA SUL.

A Rodovia ROTA SUL será uma rodovia dupla com ciclovia no canteiro central e passeios em ambos os lados, a ser implantada na Região Metropolitana de Natal. O novo corredor possui uma extensão total de 16,72 Km, tendo a duplicação da RN – 313 com 12,72 Km e a rodovia de interligação da RN – 313 com a Avenida Professor Olavo Montenegro com 4,00 Km de extensão. Esse sistema viário possibilitará acesso rápido e com maior fluidez à Região Administrativa Sul de Natal, Parnamirim, Zona de Expansão Urbana de Nísia Floresta, saída para João Pessoa/Recife e praias do litoral sul como Cotovelo e Pirangi.

A Rota Sul, como dito, será um novo acesso à região administrativa sul da cidade do Natal, pois integrará a BR 101 à Rota do Sol, dará apoio à infraestrutura turística do Estado e viabilizará um transporte público mais ágil, facilitando a circulação em toda região sul da capital, Parnamirim e Zona de Expansão Urbana de Nísia Floresta.

Como consequência à implantação da Rota Sul haverá uma maior integração entre os municípios de Parnamirim e Nísia Floresta, fornecendo alternativa de acesso da Região Administrativa Sul de Natal e de expansão urbana de Parnamirim às Praias do litoral sul (Cotovelo, Pirangi, Búzios, entre outras), implantação de 16,29 km de ciclovias. Além de nesse mesmo percurso a implantação de calçadas, facilitando o deslocamento dos moradores da região, incentivando a prática de esporte e garantindo um passeio público sem obstáculos com largura e declividades adequadas, preparando a região para o crescente aumento da mancha urbana.

Em função de ser um projeto de rodovias torna-se necessário seguir as "Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviço", cujas Normas, Manuais Técnicos e Instruções de Serviços, servem de termo de referência para elaboração dos projetos básicos e executivos.

O Projeto Executivo está sendo apresentado em quatro volumes, assim distribuídos:

- Volume 1 – Relatório do projeto - Tem por finalidade dar uma visão geral da obra a ser executada. Nele está contida uma síntese do projeto, as quantidades e serviços, documentos necessários para licitação e as especificações;
- Volume 2 – Projeto de Execução – Apresentado em dois (2) tomos, neles são apresentadas as plantas, listagens de serviços, projetos-tipo, OAE's e demais informações de interesse para a execução do projeto.
- Volume 3A – Relatório Final de Avaliação Ambiental – Nele é apresentado a caracterização ambiental da área de influência do projeto e as considerações sobre o passivo ambiental, que serão objeto de recomendações na parte referente ao projeto Ambiental;
- Volume 3B – Estudos Geotécnicos – Apresenta todas as informações de campo e laboratório inerentes ao subleito e terreno natural, empréstimos, jazidas de solos, avaliações do pavimento existente, dosagem de misturas betuminosas, utilizados no projeto.
- Volume 3C – Memória de Cálculos das estruturas – Descreve o sistema estrutural, cálculos dos esforços solicitantes e dimensionamento da resistência dos elementos estruturais, demonstração da compatibilidade das fundações com a natureza do solo e dado e resultados obtidos através de software de cálculo utilizados;
- Volume 3D – Cálculo dos Volumes, Locação e Notas de Serviço de Terraplenagem – Apresentam os quadros de volumes, as locações das rodovias e as notas de serviços;

3

- Volume 3E – Projeto de Desapropriação – Contêm cadastros técnicos nos quais constam informações sobre expropriados e inquilinos, levantamento das edificações, terrenos e benfeitorias existentes, documentações fotográficas e limite das áreas de intervenção;
- Volume 4 – Orçamento das Obras – Nele está sendo apresentado o resumo de todos os serviços e materiais necessários à execução do projeto, contendo o orçamento da obra, obtido com base nas quantidades encontradas e os custos unitários definidos na Planilha.

Esse é o **Volume 1** e tem como objetivo apresentar uma visão geral e as características do Projeto Executivo da Implantação da Rota Sul - segundo a IAR – 11: Projetos Executivos de Engenharia para Melhoramentos em Rodovias para adequação da capacidade e segurança.

4

1.1 Mapa de Situação

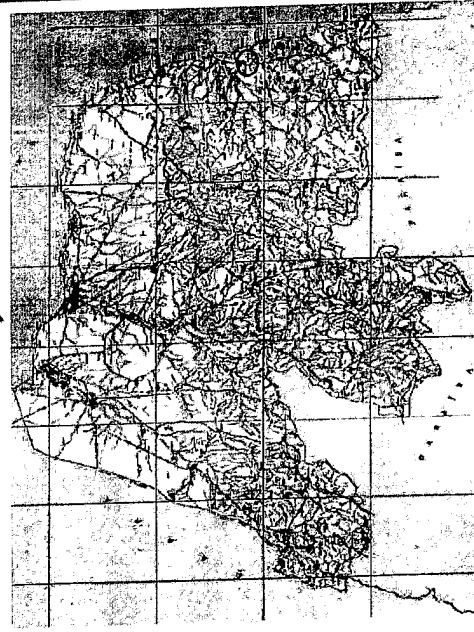
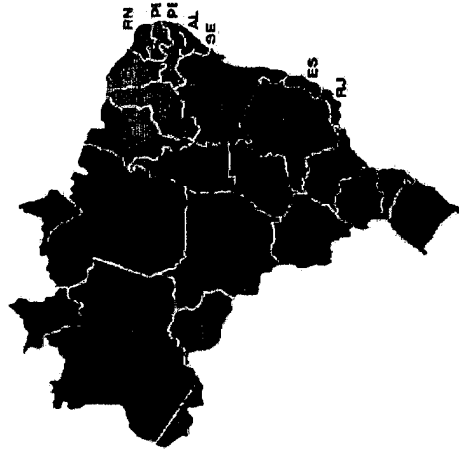
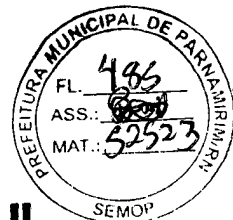


Figura 1 – Mapa de Situação



Fonte: Google Earth – modificada pelo autor - sem escala



2. Resumo das Soluções Propostas

2.1 Características Atuais e Generalidades

A atual RN – 313 se constitui de uma via de pista simples, com largura não uniforme, variando de 5,50 m de largura até 8,00m, com sinalização horizontal e vertical precária, sem continuidade dos passeios (existem trechos onde possuem e trechos onde não possuem passeios) e sem ciclovia - forçando os ciclistas a dividirem a pista de rolamento com os veículos automotores.

O Projeto Executivo de Engenharia refere-se à duplicação da RN – 313, partindo do entroncamento com a BR-101 até as proximidades do entroncamento com a RN-063 (Rota do Sol), numa extensão de 12,72 Km (chamado, neste projeto, de Trecho 01), e à implantação do Trecho 02, que interligará a Av. Professor Olavo Montenegro à RN – 313, possuindo uma extensão de 4,00 Km.

Nos Trechos 01 e 02 haverá ciclovia no canteiro central. No total serão executados 16,31 Km de ciclovia, garantindo maior segurança e conforto aos usuários dessas vias.

O Projeto Geométrico em planta consta de 23 curvas, sendo 8 delas com transição em espiral, com raios que permitem velocidades 40 km/h e 50 km/h; no greide dos perfis longitudinais foram utilizadas rampas com inclinações mínimas de 0,20% e inclinações máximas de 10,95% concordadas por curvas verticais em parábolas do 2º grau, resultando numa concordância de planta e perfil levando em considerações as características do relevo e as impossibilidades de se praticarem cortes ou aterros elevados, devido ao grande número de edificações próximas do bordo da via a ser duplicada (Trecho 01).

No Projeto Geométrico existem duas seções tipos. A seguir serão informadas as dimensões de cada uma das seções transversais:

-**Seção Tipo 01:** a seção transversal possui 24,60 m de largura e é composta por 1 calçada com 1,50m; 1 acostamento com 1,50m; 2 faixas de tráfego com 3,40m cada; 1 folga de 0,50m; 1 canteiro central com largura variável; 1 ciclovia com 3,0m; 1 folga de 0,50m; 2 faixas de tráfego com 3,40m cada; 1 acostamento com 1,50m e 1 calçada com 1,50m.

-**Seção Tipo 02:** a seção transversal possui 22,80 m de largura e é composta por 1 calçada com 1,50m; 1 acostamento com 1,00m; 2 faixas de tráfego com 3,30m cada; 1 folga de 0,30m; 1 canteiro central com largura variável; 1 ciclovia com 3,0m; 1 folga de 0,30m; 2 faixas de tráfego com 3,30m cada; 1 acostamento com 1,00m e 1 calçada com 1,50m.

8

Os trechos onde serão implantadas as seções transversais:

-**Seção Tipo 01:** será utilizada no Trecho 1 (duplicação da RN-313) da estaca 25+0m até à estaca 50+0m e da estaca 71+0m até à 388+0; e no Trecho 2 (Trecho a ser implantado) da estaca 37+0m até à estaca 200+2,97m.

-**Seção Tipo 02:** será utilizada no Trecho 1 (duplicação da RN-313) da estaca 0+0m até à estaca 25+0m, da estaca 50+0m até à estaca 71+0m e da estaca 389+0m até à 633+5,12m;

O Projeto de Terraplenagem tem como objetivo conformar o terreno natural de modo a permitir a duplicação da RN-313 (Trecho 01) e implantação da malha viária do Trecho 02 com escavação de cortes e execução de aterros através da movimentação de terra, determinando a destinação dos materiais e definindo as distâncias de transportes dos solos aportados para sua construção. Para o presente caso levou-se em consideração o relevo e as edificações que margeiam a RN – 313 (Trecho 01) e o início do Trecho 02, implicando em cortes e aterros baixos para impactar da menor maneira possível num sistema viário que está em funcionamento.

O Projeto de Drenagem tem como objetivo o estudo e o dimensionamento de sistemas de drenagem pluvial que atendam a necessidade local com critérios técnicos, econômicos e ambientais aplicados a essa área da engenharia, através da coleta e do encaminhamento das águas até sua destinação final, pela execução do sistema por drenagem superficial: através de meios-fios, sarjetas, valetas de proteção de corte, descidas d'água acopladas à dissipadores de energia; por sistema de galerias e bocas de lobo; e por sistema de transposição de talvegues: através da execução de bueiros simples tubulares de concreto, bueiros duplos tubulares de concreto e prolongamento de bueiro triplo celular de concreto existente.

O Projeto de Pavimentação foi dimensionado para suportar as cargas incidentes durante um período de no mínimo 15 anos e proporcionar um pavimento seguro e confortável para seus usuários. O Método adotado neste projeto será o do DNER e de autoria do Eng. Murilo Lopes de Souza, método este apresentado na página 142 do Manual de Pavimentação 2006, editado pelo DNIT. Para o dimensionamento do pavimento foi definido um tráfego pesado de número "N" igual a $9,99 \times 10^6$. Para melhor entender a pavimentação, visualizar o Diagrama Linear de Pavimentação – DLP.

O Projeto de Obras de Arte Especiais é constituído do projeto hidráulico da ponte sobre o Rio Taborda. A ponte possui extensão de 35,70m e um vão de 25,00m. A seção transversal possui 24,60m de largura e é composta por 1 passeio com 1,50m, 1 acostamento com 0,90m; 2 faixas de tráfego com 3,40m cada; 1 folga de segurança de 0,50m; 1 canteiro central com 4m com ciclovia de 3,0m no centro; 1 folga de segurança de 0,50m; 2 faixas de tráfego com 3,40m cada; 1 acostamento com 0,90m e 1 passeio com 1,50m.

O Projeto de interseções, Retornos e Acessos tem como objetivo implantar os retornos e rotatórias em locais onde existem o cruzamento dos fluxos dos veículos, levando em consideração os aspectos técnicos, de segurança e de conforto, respeitando as distâncias de visibilidade horizontal de parada desejada e a distância de visibilidade vertical.

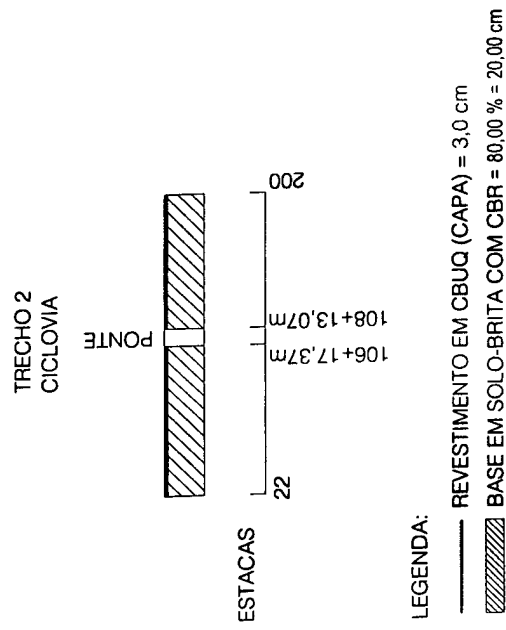
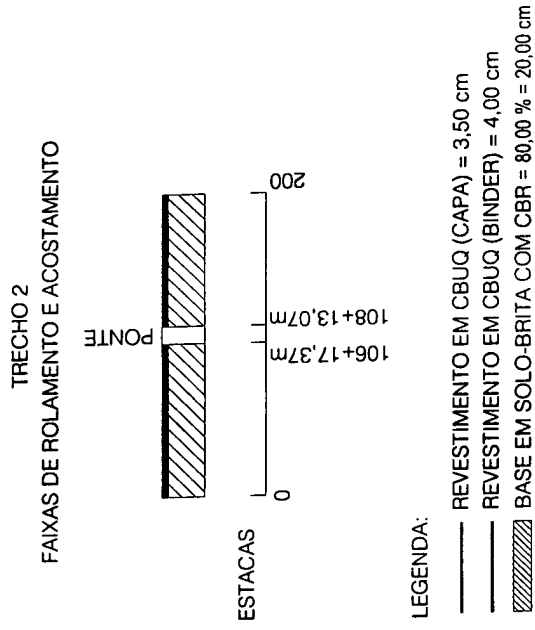
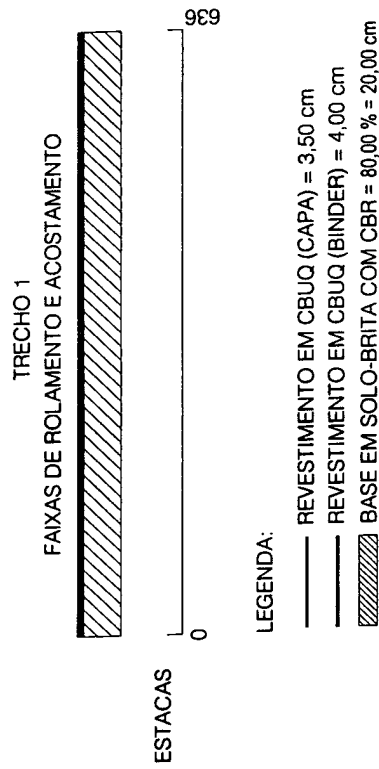
O Projeto de Sinalização tem como objetivo regular a velocidade do tráfego, advertir e orientar os usuários das vias, para garantir uma melhor fluidez e segurança dos veículos e dos pedestres. O Projeto de Sinalização foi elaborado de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro – Edição de 1998; com o Manual de Sinalização Rodoviária do DNER – Edição de 1999, no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I – Edição 2005, Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II – Edição 2007, Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume III – Edição 2014 e Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV – Edição 2007.

O Projeto de Desapropriação fornecerá os elementos para laudos de avaliação e os croquis das áreas atingidas pela duplicação da RN-313 (Trecho 01) e implantação do Trecho 02.

10

2.2 Diagrama Linear de Pavimentação - DLP

Gráfico 1 – Diagrama Linear de Pavimentação - DLP



Fonte: Elaborada pelo autor - sem escala

2.3 Objetivos da Rota Sul

O presente estudo tem a finalidade de elaborar o projeto executivo da ROTA SUL. Este novo corredor viário possibilitará acesso rápido e com maior fluidez a zona sul de Natal, Parnamirim, Zona de Expansão Urbana de Nísia Floresta, saída para João Pessoa/Recife e praias do litoral sul como Cotovelo e Pirangi. O ganho com a implantação da ROTA SUL será notado sobre os seguintes aspectos principais:

A. A região sul da grande Natal é bem provida de vias no sentido norte/sul, porém é deficitária de corredores no sentido leste/oeste. Pensando nisto, a ROTA SUL suprirá esta deficiência e interligará as rodovias BR 101, RN's 063 e 313 (Rota do Sol) e Av. Ovalo Montenegro;

B. Será criada uma opção de acesso à capital, principalmente para quem se destina a zona sul de Natal, Nova Parnamirim, e praias do litoral sul;

C. Uma vez implantada, será criado um anel viário com a Av. Olavo Montenegro e RN-313, que facilitará a circulação em toda região sul da capital, Parnamirim e Zona de Expansão Urbana de Nísia. Com esta integração do sistema viário a implantação e/ou melhoria no sistema dos TRANSPORTES PÚBLICOS terá mais viabilidade;

D. Aumento da Infraestrutura turística do Estado, possibilitando que turistas oriundos de outros estados brasileiros (principalmente Paraíba e Pernambuco) acessem as praias do litoral sul sem precisar entrar/cruzar/passar nas zonas urbanas de Parnamirim e Natal.

Interligados a estes objetivos citados acima, é possível ainda relatar as seguintes melhorias para região:

A. Reduzir a distância entre os municípios de Parnamirim/RN e a zona de expansão urbana de Nísia Floresta/RN, promovendo uma melhor integração e gerando o desenvolvimento daquela região;

B. Fornecer alternativa de acesso da zona sul de natal e de expansão urbana de Parnamirim às Praias do litoral sul (Cotovelo, Pirangi, etc).

C. "Desafogar" a Avenida Olavo Montenegro e a RN-313 do futuro tráfego gerado pela zona de expansão urbana de Nísia Floresta;

D. Criar mais um acesso de entrada à capital, para quem se destina a zona sul de Natal, e Nova Parnamirim;

E. Melhor fluidez no acesso a população local com destino a Parnamirim, entrada de Natal pela Zona Sul (Maria Lacerda e Ailton Senna), Zona de expansão Urbana Nísia Floresta praias do litoral sul e acesso as capitais da Paraíba e Pernambuco;

F. Implantação de 16,28 km de ciclovias no canteiro central, oferecendo uma alternativa de transporte e lazer aos moradores da região;

G. Implantação de 16,72 km de calçadas em ambos os lados, facilitando o deslocamento dos moradores da região, incentivando a pratica de esporte e garantindo um passeio público sem obstáculos com largura e declividades adequadas, preparando a região para o crescente aumento da mancha urbana.

13

O exposto acima pode ser visualizado na **figura 2**:

Figura 2 – Objetivos da Implantação



Legenda:

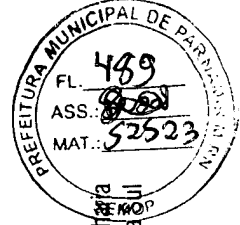
ROTA SUL
Corredores (Vias) importantes
Binário a ser projetado

Legenda:

- ↑ Valip/Parmamirim
- ↑ Valip/Joaõ Pessoa/Recife
- ↑ Valip/Praias Litorais Sul
- ↑ Valip/Zona Sul de Natal
- ↑ Vem de João Pessoa/Recife

Conclusão: todos os movimentos serão beneficiados com a implantação da ROTA SUL

Fonte: Google Earth – modificada pelo autor - sem escala



Projeto Executivo de Engenharia para Implantação da Rota Sul

2.4 Características

Para atender os objetivos apresentados acima, a ROTA SUL terá duas plataformas (seções transversais) de trabalho: com a mesma quantidade de faixas de rolamento, acostamento, ciclovia, calçada, canteiros e faixas de segurança. A divergência da Plataforma Tipo 01 para Plataforma Tipo 02 encontra-se na redução de algumas destas faixas para evitar maiores problemas com desapropriações, buscando uma maior viabilidade para o projeto.

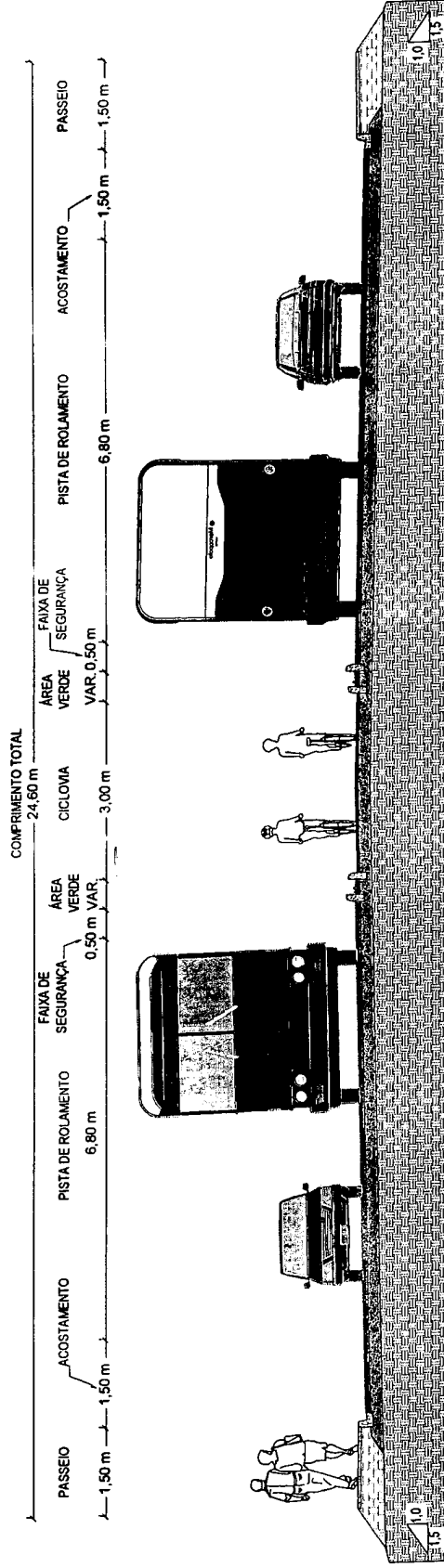
Dito isto, serão apresentados a seguir as principais características da ROTA SUL e de suas plataformas, seguidas das **figuras 3 e 4** (ver de forma ampliada prancha 002/222 projeto geométrico) que mostram em detalhes cada elemento que as compõem.

ROTA SUL

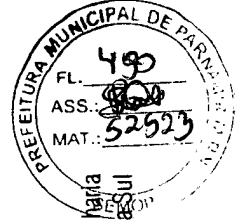
15

- Extensão Total: 16,72 km;
- Divisão: Dois (2) Trechos
 - ✓ Trecho 01 (Duplicação da RN 313) – Extensão = 12,72 km;
 - ✓ Trecho 02 (Implantação em via DUPLA de Interligação da Av. Olavo Montenegro com a RN 313) – Extensão = 4.00 km.
- Obra de arte especial sobre o Rio Taborda
- Plataforma Tipo 01 com 24,60 m de largura;
- Plataforma Tipo 02 com 22,80 m de largura
- Todo o trecho drenado e pavimentado revestido em CBUQ;
- Calçadas padronizadas em ambos os lados;
- Canteiros vegetados;
- Ciclovia em quase todo trecho;

Figura 3 – Plataforma Tipo 01

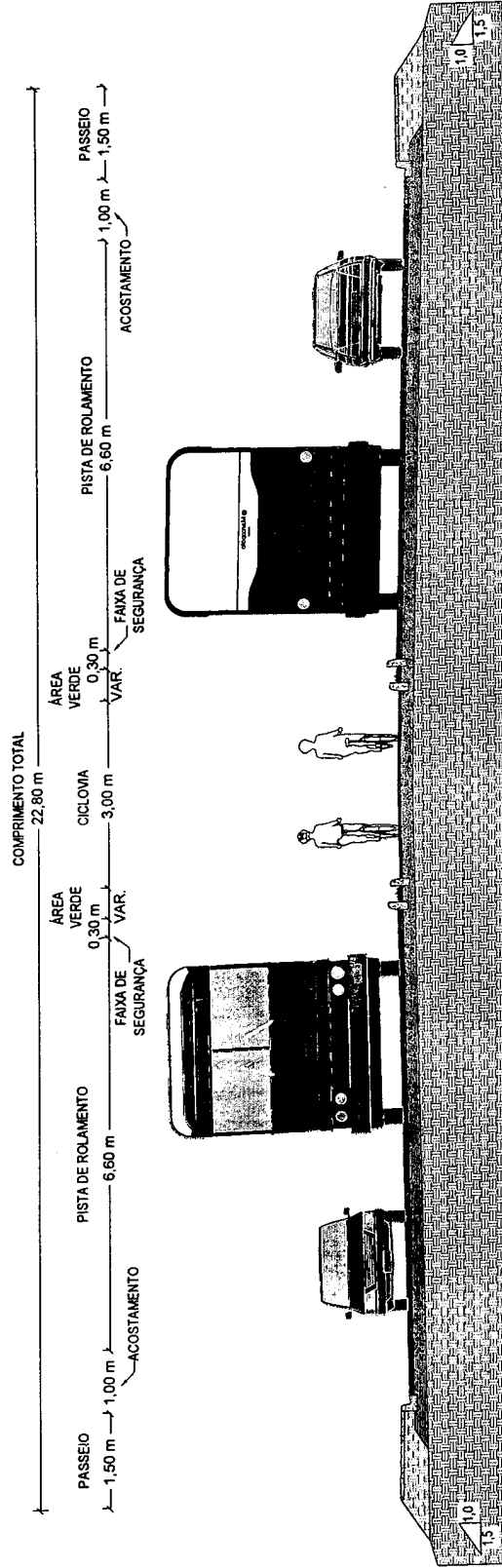


Fonte: Elaborada pelo autor - sem escala



Projeto Executivo de Engenharia
para Implantação da Rota Sul

Figura 4 – Plataforma Tipo 02



Fonte: Elaborada pelo autor - sem escala

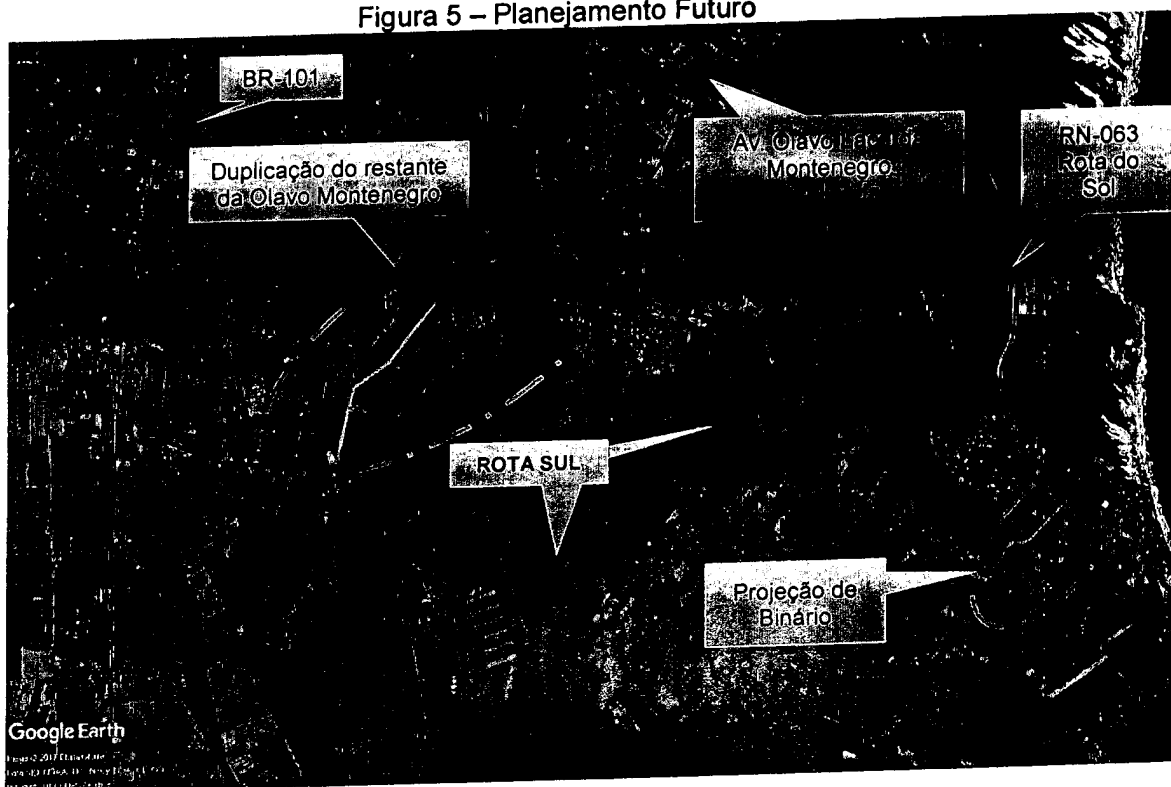
2.5 Planejamento Futuro

De acordo com o exposto acima, a ROTA SUL apresenta-se como uma rodovia de integração do sistema viário e de transporte dos municípios de Parnamirim e Nísia Floresta, praias do litoral sul com a região sul de Natal, tornando-se fator decisivo no desenvolvimento destas regiões.

Porém, outras melhorias futuras podem complementar a ROTA SUL, são elas (ver figura 5):

- A. Projeto e planejamento do binário de interligação da RN – 313 com a RN – 063 em Pium;
- B. Duplicação do restante da Av. Olavo Montenegro

Figura 5 – Planejamento Futuro



Fonte: Google Earth – modificada pelo autor - sem escala

3. Estudos de Campo

Neste capítulo serão abordados de forma sintetizados os principais aspectos relativos aos estudos realizados para a elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Implantação e Pavimentação da Rota Sul.

3.1 Estudos Geotécnicos

3.1.1 Considerações gerais

Os estudos geotécnicos foram desenvolvidos com a finalidade de se conhecer as características dos materiais que compõem o subleito e a caracterização das ocorrências de materiais de jazida, visando a definição das camadas do pavimento.

3.1.2 Estudos do subleito

20

Para a caracterização dos solos constituintes do subleito da rodovia, foram realizados furos de sondagem à pá e picareta. Estas sondagens atingiram uma profundidade adequada para definição e classificação dos solos que irão compor a fundação do corpo do aterro.

Nas sondagens realizadas, além de se identificar o tipo de material constituinte do subleito com seus respectivos horizontes, foram coletadas amostras para que fossem submetidas aos seguintes ensaios:

- Granulometria
- Limite de Liquidez
- Limite de Plasticidade
- Compactação
- Índice de Suporte Califórnia (CBR)

3.1.3 Empréstimos

Para compor o corpo do aterro e a última camada de terraplenagem, boa parte do material será proveniente do corte da própria via. Portanto haverá a necessidade de empréstimo fora de faixa. Foi localizada uma área para aporte de solo indicada na figura da página 26.

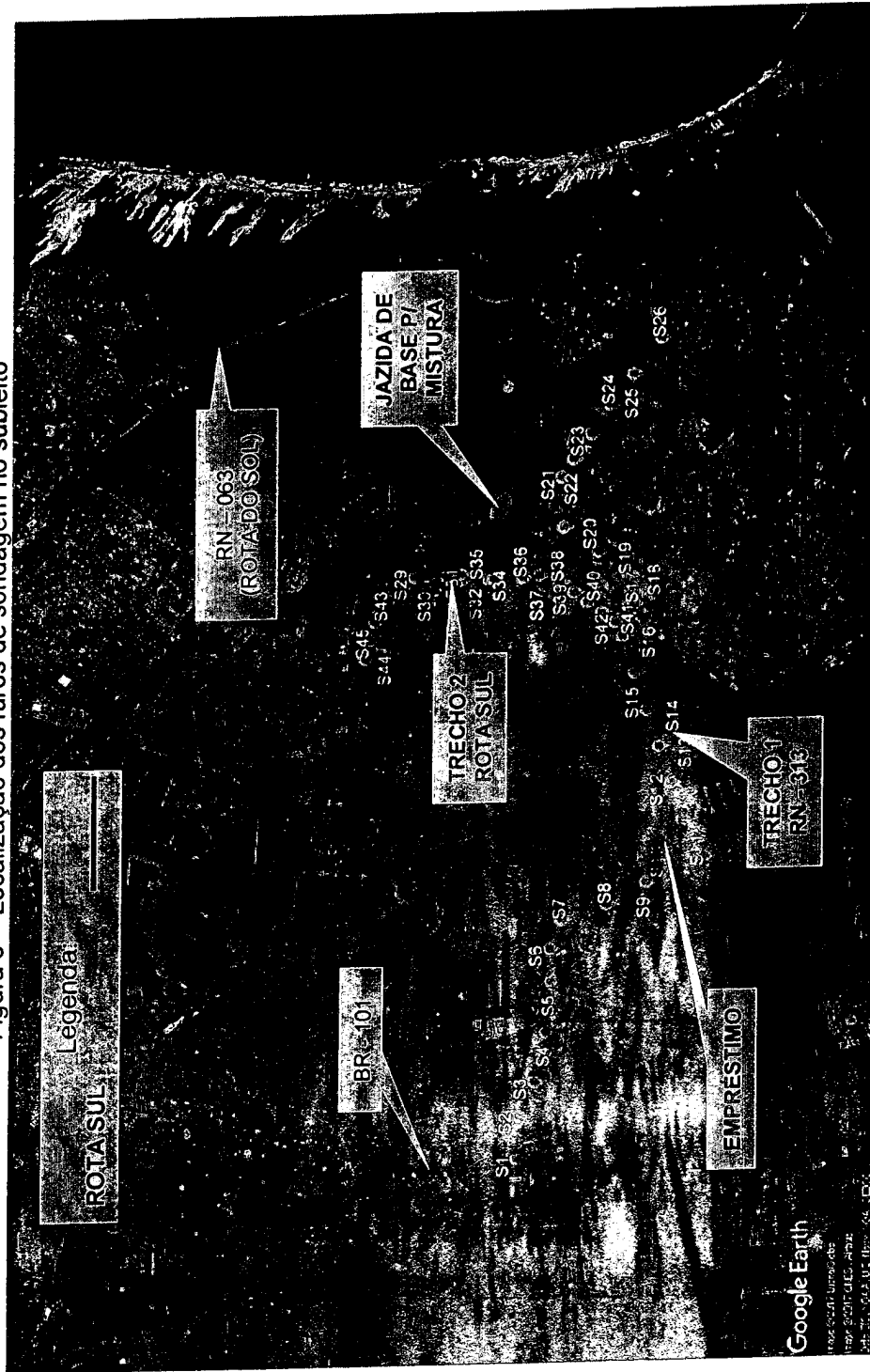
Para as camadas da estrutura do pavimento, composta unicamente de base, são necessários materiais mais nobres (quando comparados com a sub-base). Devido às jazidas naturais estarem exauridas, foi estudado uma opção com o intuito de economizar dinheiro na implantação da obra: uma proposta de mistura de solo e brita. Para compor essa mistura, foi estudada uma jazida de base para mistura, localizada para empréstimo no Trecho 01 da presente obra, próxima da estaca 488+0 – lado esquerdo, que misturada à brita oriunda da Pedreira Potiguar, resultará na mistura Solo-Brita utilizada em todos os 16,72 km de extensão da ROTA SUL.

3.1.4 Subleito

Foram realizados 26 ensaios de subleito no Trecho 1 (RN-313) e 19 ensaios no Trecho 2, onde o material foi retirado e encaminhado para ensaios de laboratório. Os furos de sondagem têm as seguintes localizações:

21

Figura 6 – Localização dos furos de sondagem no subleito



Fonte: Google Earth – modificada pelo autor - sem escala

Um quadro resumo com os resultados obtidos em laboratório pode ser observado nas tabelas abaixo.

Tabela 1 – Resumo dos ensaios de subleito – Trecho 1

RESUMO DE ENSAIOS

Registro	Estaca de Coleta	Posição	Profundidade e da coleta (Cm)	Granulometria										Limites			ÍNDICE DE GRUPO	Classificação HRB	Compactação (Energia normal)		CBR	
				# 2"	# 1 1/2"	# 1"	# 3/8"	% passante	# n.4	# n.10	# n.40	# n.200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	D _{max} (Kg/m ³)			P _{max} (%)	CBR	Exp (%)	
01/2017	E 0249342 N9343057	D	0,90	100	100	100	100	98	97	94	86	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1866	6,10	19,25	0,00	
02/2017	E 0249857 N9343040	E	0,90	100	100	100	100	99	96	93	72	16	21,90	17,98	4,62	0,00	0,00	1852	6,70	17,26	0,00	
03/2017	E 0250279 N9342864	D	0,80	100	100	100	100	100	99	98	71	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1857	6,20	17,92	0,00	
04/2017	E 0250895 N9342736	E	0,70	100	100	100	100	100	99	98	81	17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1846	6,00	18,21	0,00	
05/2017	E 0251518 N9342881	D	100,00	100	100	100	100	100	100	100	67	8	0,00	0,00	0,00	6,4	0,00	1853	4,18	27,02	0,00	
06/2017	E 0251910 N9342699	E	110,00	100	100	100	100	98	96	93	64	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1885	5,95	41,67	0,09	
07/2017	E 0252263 N9342566	D	100,00	100	100	100	100	100	100	100	74	11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1954	5,65	41,25	0,00	
08/2017	E 0252441 N9342029	E	110,00	100	100	100	100	100	98	96	76	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1826	6,38	18,87	0,00	
09/2017	E 0252705 N9341569	D	120,00	100	100	100	100	100	100	100	88	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1857	6,05	35,56	0,00	
10/2017	E 0253036 N9341271	E	110,00	100	100	100	100	100	100	100	75	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1879	5,19	27,02	0,00	
11/2017	E 0253455 N9341143	D	120,00	100	100	100	100	100	100	100	75	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1882	5,75	33,57	0,00	
12/2017	E 0253899 N9341290	E	0,90	100	100	100	100	100	100	100	77	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1950	6,15	38,40	0,00	
13/2017	E 0254345 N9341431	D	0,90	100	100	100	100	100	100	100	65	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2020	5,99	41,81	0,00	
14/2017	E 0254795 N9341583	E	0,90	100	100	100	100	100	100	100	70	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1805	5,16	24,56	0,00	
15/2017	E 0255250 N9341727	D	0,90	100	100	100	100	100	100	100	86	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1932	5,60	34,61	0,00	
16/2017	E 0255695 N9341876	E	100,00	100	100	100	100	100	100	100	66	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1950	5,90	30,29	0,04	
17/2017	E 0256093 N9341740	D	0,80	100	100	100	100	100	100	100	63	11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1794	5,25	23,61	0,02	
18/2017	E 0256459 N9341816	E	120,00	100	100	100	100	100	100	100	68	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1863	5,17	22,66	0,00	
19/2017	E 0256730 N9342165	D	130,00	100	100	100	100	99	97	97	69	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1763	5,10	24,75	0,00	
20/2017	E 0257034 N9342583	E	120,00	100	100	100	100	100	100	100	68	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1930	6,38	42,10	0,05	
21/2017	E 0257640 N9342810	D	0,90	100	100	100	100	100	100	100	73	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1854	5,0	28,07	0,00	
22/2017	E 0257854 N9342477	E	0,90	100	100	100	100	100	100	100	70	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1735	5,20	30,01	0,00	
23/2017	E 0258156 N9342263	D	0,90	100	100	100	100	99	99	98	91	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1833	6,7	22,05	0,00	
24/2017	E 0258503 N9342035	E	0,80	100	100	100	100	100	100	96	80	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1887	7,70	41,39	0,07	
25/2017	E 0258883 N9341765	D	0,70	100	100	100	100	100	100	100	90	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1857	6,3	20,48	0,00	
26/2017	E 0259321 N9341440	E	0,80	100	100	100	100	99	96	92	76	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1857	6,3	20,48	0,00	

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 2- Resumo dos ensaios de subleito – Trecho 2

Registro	Estaca da Coleta	Posição	Profundidade e da coleta (Cm)	Granulometria						Limites			ÍNDICE DE GRUPO	Classificação H.R.B.	Compactação (Energia normal)		CBR (Energia normal)		
				# 2"	# 1 1/2"	# 1"	% passante	# n.4	# n.10	# n.40	# n.200	LL (%)			LP (%)	IP (%)	D _{max} (Kg/m ³)	R _{max} (%)	CBR (%)
27/2017	E0256424 N.9343368	X	0,70	100	100	100	100	100	99	74	8	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1879	6,25	31,15	0,00
28/2017	E0255966 N.9342029	E	0,70	100	100	100	100	100	99	74	6	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1789	6,22	36,13	0,00
29/2017	E0256455 N.9344352	D	0,70	100	100	100	100	100	99	66	6	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1755	6,55	33,00	0,00
30/2017	E0256468 N.9344202	X	0,70	100	100	100	100	100	99	71	6	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1815	5,15	19,91	0,00
31/2017	E0256464 N.9343979	D	0,70	100	100	100	100	100	97	69	12	0,00	0,00	0,00	A-2-4	2103	5,95	48,64	0,00
32/2017	E0256483 N.9343806	E	0,70	100	100	100	100	100	97	70	12	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1904	6,70	46,56	0,00
33/2017	E0256426 N.9343467	D	0,70	100	100	100	100	100	99	69	6	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1821	5,43	29,44	0,00
34/2017	E0256422 N.9343416	X	0,60	100	100	100	100	100	99	62	12	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1959	6,06	45,60	0,00
35/2017	E0256410 N.9343792	D	0,70	100	100	98	80	84	73	52	36	30,00	20,88	9,12	A-4	1902	10,70	33,14	2,49
36/2017	E0256429 N.9343065	E	0,60	100	100	100	100	99	94	76	43	25,50	14,95	10,55	A-6	1940	12,70	35,27	1,48
37/2017	E0256459 N.9342869	X	0,70	100	100	96	82	77	71	61	41	27,40	19,28	8,12	A-4	1873	11,70	33,42	0,00
38/2017	E0256369 N.9342827	E	0,80	100	100	100	100	100	97	71	12	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1856	6,56	35,56	0,00
39/2017	E0256242 N.9342458	D	0,70	100	100	100	100	100	98	66	11	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1882	6,10	43,38	0,00
40/2017	E0256118 N.9342296	X	0,70	100	100	100	100	100	99	84	20	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1842	9,00	62,11	0,61
41/2017	E0255990 N.9342129	E	0,70	100	100	100	100	100	100	69	4	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1723	4,90	13,23	0,00
42/2017	E0255966 N.9341963	D	0,60	100	100	100	100	100	99	63	14	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1927	5,94	44,80	0,00
43/2017	E0255916 N.9344820	X	0,80	100	100	100	100	100	99	70	16	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1832	6,20	17,73	0,00
44/2017	E0255693 N.9344877	X	0,80	100	100	100	100	100	99	75	16	0,00	0,00	0,0	A-2-4	1807	6,40	18,30	0,00
45/2017	E0255466 N.9344935	X	0,80	100	100	100	100	100	99	78	16	0,00	0,00	0,00	A-2-4	1830	6,08	16,21	0,00

Fonte: Elaborada pelo autor



3.1.5 Jazidas

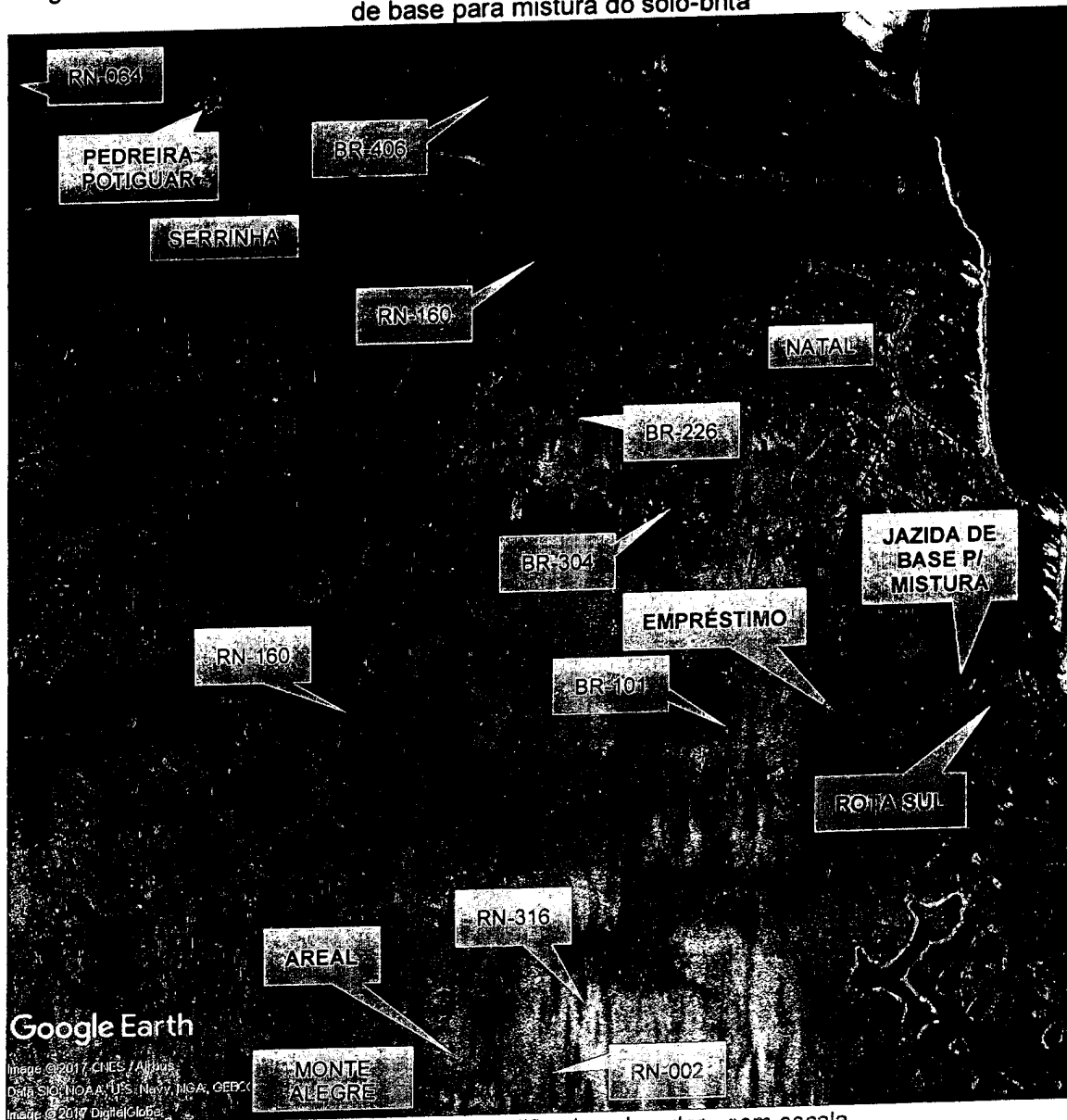
Devido as jazidas naturais estarem exauridas nas proximidades da obra, foi estudada uma opção com o intuito de economizar dinheiro na implantação da obra para execução da camada de base da estrutura do pavimento: uma proposta de mistura de solo e brita. Para compor essa mistura, foi estudada uma jazida de base para mistura, que misturada à brita oriunda da Pedreira Potiguar, resultará na mistura Solo-Brita utilizada em todos os 16,72 km de extensão da ROTA SUL.

Essa área de empréstimo (para utilizar na mistura solo-brita) que se encontra em processo de exploração no trecho da presente obra, está localizada próxima da estaca 488+0 – lado esquerdo. Para as camadas de base será necessário adicionar brita ao solo da área de empréstimo até se obter um CBR \geq 80%. A brita será fornecida pela Pedreira Potiguar, localizada no município de Serrinha/RN, que está distante cerca de 45 km do centro da ROTA SUL.

25

A Pedreira Potiguar, o Areal, a área de empréstimo e a jazida de base para mistura do solo-brita estão localizadas na figura a seguir:

Figura 7- Localização da Pedreira Potiguar, do Areal, da área de Empréstimo e da Jazida de base para mistura do solo-brita



26

Fonte: Google Earth – modificada pelo autor - sem escala

3.2 Estudos Topográficos

A diretriz básica adotada para a realização do estudo topográfico obedeceu aos limites dos terrenos existentes, cercas e edificações cadastradas "in loco", consulta a cartas topográficas e fotografias aéreas, sendo o serviço elaborado de acordo com as Instruções de Serviços para Estudo Topográfico para Projeto IS 205 das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (DNIT).

Na escolha do alinhamento horizontal procurou-se reduzir ao máximo os possíveis impactos provocados por uma implantação rodoviária. Tanto do ponto de vista do alinhamento horizontal como vertical, procurou manter-se dentro dos limites da faixa de domínio existente.

O estudo topográfico foi efetuado pelo processo convencional de exploração locada, embora com a utilização de equipamentos de última geração como estações de trabalho e GPS Geodésicos.

27

3.2.1 Locação

O eixo de locação foi implantado mediante coordenadas passadas pela projetista as equipes de campo. Os PI's foram determinados pelo prolongamento das tangentes e os ângulos centrais lidos mediante o auxílio de uma ferramenta de CAD, no caso o software Autodesk Autocad Civil 3D 2017, sendo este específico para Projetos Geométricos Rodoviários.

Em seguida as curvas foram calculadas também por processamento eletrônico e entregues a topografia para implantação aproximada no campo. O eixo de locação foi piqueteado de 20 em 20m nas tangentes e nas curvas.

3.2.2 Nivelamento do Eixo de Locação

O eixo da locação foi nivelado com GPS Geodésico RTK GTRi da empresa fabricante Techgeo, sendo as cotas determinadas a partir de georreferenciamento ao **Datum SIRGAS-2000**, obtido através de transporte de coordenadas com GPS Geodésico.

Ao longo do trecho foi implantada uma rede de marcos em locais estáveis, conforme tabela mostrada no final desta seção. Para confirmar e precisar esse serviço foi feita sua conferência através de novo transporte.

Foram implantados 13 (treze) marcos de referência cujas localizações e cotas constam no quadro Tabela 3 – Quadro de Marcos.

3.2.3 Levantamento de seções transversais

Foram levantadas seções transversais em todos os piquetes do eixo locado, com o GPS Geodésico RTK GTRi. As seções transversais foram levantadas com larguras entre 15m a 25m para cada lado do eixo.

3.2.4 Cálculos elaborados

Os cálculos referentes ao estudo topográfico foram efetuados diretamente por softwares específicos para topografia, onde após serem inseridos os dados obtidos pelo GPS Geodésico, foi gerado o Modelo Digital de todo o Terreno (MDT).


28

3.2.5 Apresentação do estudo

Os resultados do estudo topográfico estão sendo apresentados no Projeto Geométrico, feito através de processamento eletrônico pelo software Autocad Civil 3D 2017 e de acordo com o que preconizam as Instruções de Serviço IS 05 do DNIT.

3.2.6 Relação de Marcos

Tabela 3 – Quadro de Marcos



MARCO	NORTE	ESTE	COTA	DISTÂNCIA DO PIQUET	DESCRIÇÃO
P1	9342714.5076	252012.4047	41.3530	EST 14+9,17 À 3,10m LD(EIXO)	ASFALTO(TINTA VERMELHA)
P2	9342363.2484	252324.6853	19.2009	EST 41+5,69 À 0,83m LD(EIXO)	PIQUET MADEIRA
P3	9341572.4786	252698.2113	41.2853	EST 85+14,96 À 3,87m LD(EIXO)	PIQUET MADEIRA
P4	9341304.5058	252988.9144	35.5829	EST 105+10,32 À 3,30m LD(EIXO)	ASFALTO(TINTA VERMELHA)
P5	9341202.1188	253655.8415	44.7150	EST 142+3,43 À 3,64m LD(EIXO)	ASFALTO(TINTA VERMELHA)
P6	9341548.1820	254707.0778	37.4261	EST 197+10,15 À 2,37m LD(EIXO)	ASFALTO(TINTA VERMELHA)
P7	9341819.3778	255533.9972	33.6387	EST 241+0,40 À 2,64m LD(EIXO)	ASFALTO(TINTA VERMELHA)
P8	9341612.6271	256256.9660	39.2643	EST 282+1,18 À 9,37m LD(EIXO)	PIQUET MADEIRA
P9	9342321.4819	256852.6362	38.3355	EST 328+18,43 À 5,06m LD(EIXO)	PIQUET MADEIRA
P10	9342743.7710	257171.8610	37.1130	EST 355+7,57 À 7,77m LD(EIXO)	ASFALTO(TINTA VERMELHA)
P11	9342632.1754	257620.2743	37.5543	EST 383+13,45 À 7,97m LE(EIXO)	PIQUET MADEIRA
P12	9341897.0167	258683.8509	28.8068	EST 447+6,66 À 0,36m LD(EIXO)	CALÇADA(TINTA VERMELHA)
M02	9342678.4440	251077.6031	44.5325	ESTACIONAMENTO(COND. MAJESTIC)	MARCO DE CONCRETO

29

Fonte: LEPTOP – Topografia & Geoprocessamento

3.3 Estudos Hidrológicos

3.3.1 Introdução

Estes estudos têm por objetivo o conhecimento dos elementos necessários para o dimensionamento hidráulico das obras de drenagem a serem implantadas em função da avaliação das vazões e das descargas de projeto. Baseou-se nas Instruções de Serviços para Estudo Hidrológico a IS 203 das Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários (DNIT).

Sendo a região de relevo ondulado, onde o traçado da Rota Sul coincide com trecho existente a ser duplicado e com outro a ser totalmente implantado; no estudo apresentam-se obras d'arte como os bueiros existentes que serão prolongados e novos bueiros que foram projetados junto com a ponte sobre Rio Taborda, e demais dispositivos de drenagem, com o único intuito de coletar as águas que descem da parte mais alta do terreno fazendo a transposição para o lado mais baixo, promovendo a continuidade dos talvegues existentes, em condições de segurança, sem ocasionar riscos para a integridade das rodovias.

A avaliação das bacias de contribuição foi feita através de documentação cartográfica, coleta de dados hidrológicos junto aos órgãos oficiais e de informações obtidas no campo.

3.3.2 Características da região

- **Clima** – A região em estudo de acordo com a classificação de Wladimir Köppen enquadra-se no Grupo “As”, tropical úmido, caracterizada por ter uma estação seca bem acentuada coincidindo com o verão.
- **Pluviometria** – A pluviometria da região em apreço, por ser uma região litorânea, possui alto índice de precipitação, com médias de 1.727 mm por ano, concentradas de março a julho. Para representar estas características pluviométricas, foi escolhido o posto pluviométrico de Natal/RN, pelo qual são apresentados os números da precipitação média e máxima mensal.
- **Temperatura** – A temperatura na região, devido à baixa latitude e ausência de outros fatores climáticos que possam influenciar de forma decisiva, se apresenta sem grandes variações com médias anuais de 28°C.
- **Pluviografia** – Foram também considerados os dados do Posto de Natal/RN, por ser o posto mais próximo do local de estudo e apresentar as características semelhantes à região em estudo.
- **Fluviometria** – Existe no Trecho 02, aproximadamente na estaca 106+15,0m uma interseção com o Rio Taborda, onde está prevista a implantação de uma ponte, cujo estudo de sua bacia até o ponto exutório de projeto (ponte) é apresentado mais adiante.

30

3.3.3 Definições

Vazão máxima ou de pico é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado e/ou ultrapassado. A vazão máxima é utilizada na previsão de enchentes e no projeto de obras hidráulicas tais como condutos, canais, bueiros, vertedouros, entre outras. No dimensionamento destes dispositivos, as vazões devem reproduzir condições críticas possíveis de ocorrer com um determinado risco. Essas condições são identificadas dentro das mais desfavoráveis.

Deve-se definir risco de um projeto de acordo com seus objetivos e, dentro destas condições de risco, explorar situações mais desfavoráveis. Por exemplo, no cálculo de bueiros o risco adotado é de 15 a 25 anos de tempo de recorrência, pois aceita-se um risco neste cálculo. O dimensionamento de um vertedor de grandes barragens deve ter um risco maior, pois o impacto do rompimento da barragem é

destrutivo e o tempo de retorno adotado tem sido de até 10.000 anos. A definição das situações mais desfavoráveis, após a escolha de um risco, envolve as condições iniciais de solo, perdas por retenção e infiltração.

De acordo com a introdução acima, o cálculo da vazão de pico para micro-bacias requer um risco a ser adotado.

O risco adotado para os bueiros neste projeto foi de **15 anos** e para a ponte foi de **100 anos** de acordo com o IS-203: Estudos Hidrológicos que apresenta em sua página 255 uma tabela resumo associando o tipo de obra ao risco ou tempo de recorrência.

A tabela mencionada é apresentada a seguir

Tabela 4 – Tempos de recorrência para as obras hidráulicas

Espécie	Período de recorrência (anos)
Drenagem Superficial	5 a 10
Drenagem Subsuperficial	10
Bueiros Tubulares	15 (como canal)
	25 (como orifício)
Bueiro Celular	25 (como canal)
	50 (como orifício)
Pontilhão	50
Ponte	100

Fonte: IS 203 – IPR 726

Definido o risco de projeto parte-se para o cálculo das vazões de pico, seguindo as orientações IS-203 (página 256 das diretrizes), estas vazões podem ser calculadas pelos seguintes métodos:

Bacias com áreas até 4,0km² (400 ha) ⇒ Método Racional;

Bacias com áreas entre 4,0km² até 10 km² (400 a 1.000ha) ⇒ Método Racional Corrigido;

Bacias com áreas superiores a 10 km² ⇒ Método do Hidrograma Unitário Triangular (HUT).

3.3.4 Intensidade da chuva

Para a intensidade (I) adotou-se o estudo de Otto Pfafstetter para cidade de Natal/RN, caracterizado e apresentado a seguir:

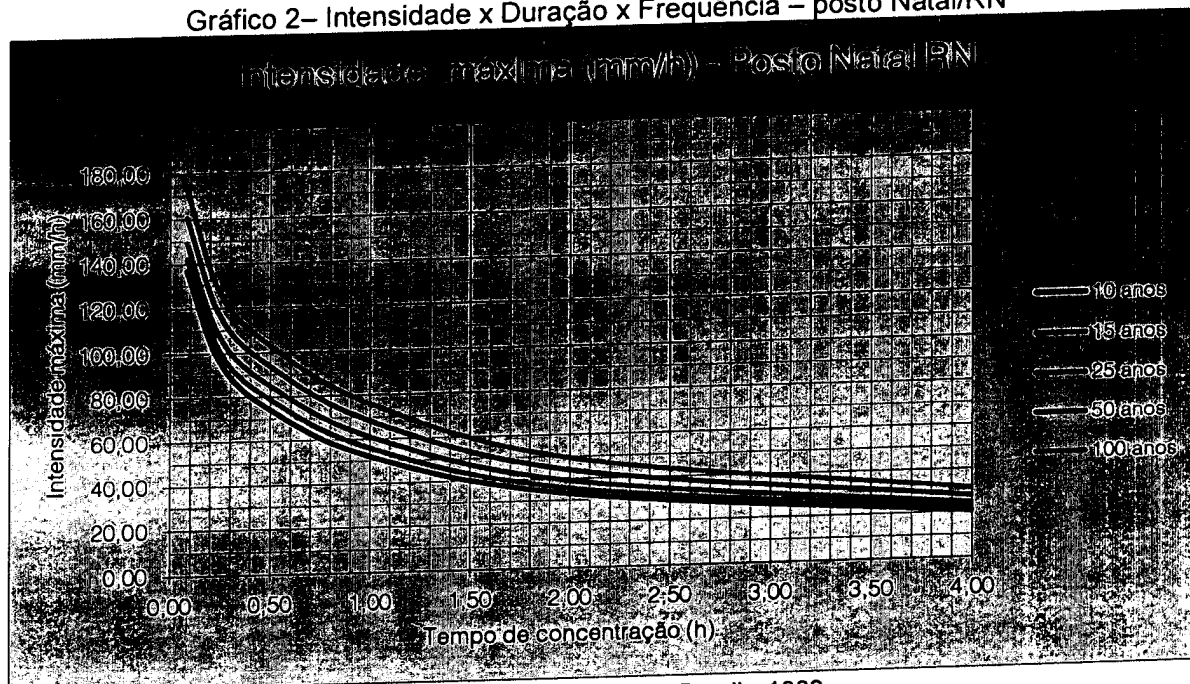
Tabela 5- Intensidades máximas – posto Natal/RN

Tempos de concentração	Tempos de retorno				
	10,00	15,00	25,00	50,00	100,00
5	136,73	141,93	149,22	160,41	173,09
15	95,74	100,59	107,06	116,51	126,79
30	74,07	78,85	85,04	93,81	103,10
60	52,05	55,99	61,10	68,33	76,00
120	32,95	35,59	39,03	43,96	49,23
240	20,36	22,06	24,29	27,51	30,98
480	12,34	13,38	14,75	16,73	18,87
840	8,24	8,92	9,83	11,13	12,53
1.440	5,65	6,11	6,72	7,59	8,52
2.880	3,65	3,94	4,32	4,86	5,45
4.320	2,89	3,11	3,40	3,81	4,25
5.760	2,49	2,68	2,92	3,27	3,63
7.200	2,24	2,41	2,63	2,94	3,26
8.640	2,08	2,23	2,43	2,71	3,00

Fonte: Chuvas Intensas no Brasil - 1982

32

Gráfico 2- Intensidade x Duração x Frequência – posto Natal/RN



Fonte: Chuvas Intensas no Brasil - 1982

3.3.5 Estudos das Bacias Hidrográficas

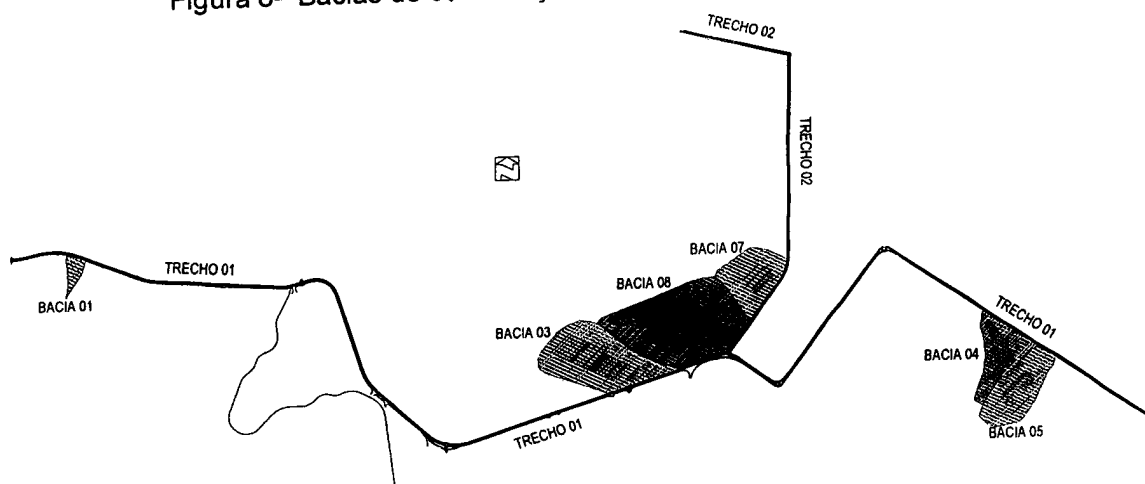
Foram identificadas 8 (oito) bacias de contribuição que geram, através de escoamento superficial, subsuperficial ou profundo, cursos d'água que interceptam as vias deste presente estudo.

Destas oito bacias, seis apresentam áreas menores que 400 ha, então para o cálculo de suas vazões de pico foi utilizado o Método Racional. Duas bacias, que se localizam no Rio Taborda, apresentam áreas superiores aos limites do método racional, sendo objeto de estudo hidrológico mais detalhado através do HUT.

As bacias foram numeradas de 01 a 08. Na Figura 8 e na tabela 6 são apresentadas as características das bacias que possuem áreas menores que 400 há (dimensionadas pelo Método Racional). As duas bacias com áreas superiores aos limites do método racional, que se localizam no Rio Taborda, são objeto de estudo hidrológico mais detalhado através do HUT.

33

Figura 8– Bacias de contribuição dos bueiros simples de concreto



Fonte: Elaborada pelo autor - sem escala

Tabela 6– Bacias de contribuição dos bueiros simples de concreto
Características das Bacias de Contribuição

Descrição	Via	Área (ha)	(C)	Tempo de Concentração (min)	Intensidade (mm/h)	Vazão (m³/s)
Bacia 01	Trecho 01 – Estaca 32+9,00	3,85	0,20	30,41	78,54	0,25
Bacia 02	Trecho 01 – Estaca 180+10,0	Estudo detalhado a seguir				
Bacia 03	Trecho 01 – Estaca 345+12,0	47,87	0,20	55,32	59,56	1,44
Bacia 04	Trecho 01 – Estaca 556+4,0	21,78	0,20	38,96	72,02	0,79
Bacia 05	Trecho 01 – Estaca 580+8,0	27,26	0,20	30,57	78,41	1,20
Bacia 06	Trecho 02 – Estaca 106+15,0	Estudo detalhado a seguir				
Bacia 07	Trecho 02 – Estaca 154+0	24,53	0,20	41,55	70,04	0,87
Bacia 08	Trecho 02 – Estaca 182+10,0	71,43	0,20	91,10	45,41	1,64

Fonte: Elaborada pelo autor

34

As Bacia 01 e 02 são as únicas das relacionadas acima nas quais existem obras já implantadas, então nesses casos foram avaliados os valores das vazões para se comparar com as obras implantadas nos locais.

3.3.6 Bacias de Grande Porte

Este tópico abordará bacias com áreas superiores a 10 km², ou seja, para definir a vazão de projeto da obra d'arte o método será o do Hidrograma Unitário Triangular (HUT). Estas bacias são duas: a primeira, denominada Bacia 02, tem o exutório na interseção do Trecho 1 da Rota Sul com o Rio Taborda, onde há implantado um bueiro triplo celular de concreto (3,0mx3,0m); a segunda, denominada Bacia 06, tem o exutório na interseção do Trecho 2 da Rota Sul (trecho a ser implantado) com o Rio Taborda, onde está prevista a construção de uma ponte.

3.3.6.1 Bacia do bueiro existente do Rio Taborda (Bacia 02)

Esta bacia será tratada separadamente, pois ela apresenta uma área de aproximadamente 14.408,59 ha ou 144,09 km². Portanto, necessitou-se utilizar o

Hidrograma Unitário Triangular (HUT). Abaixo segue a imagem da bacia e tabela com suas características.

Figura 9 – Características da bacia



35

Fonte: Elaborada pelo autor - sem escala

Tabela 7 – Características da bacia

Características da Bacia 02	
Área da bacia (km ²)	144,09
Linha de fundo (km)	24,72
Declividade Efetiva (%)	0,24

Fonte: Elaborada pelo autor

Memória de Cálculo

A aplicação do método do Hidrograma Unitário triangular segue os seguintes passos:

a. Cálculo do tempo de concentração

O tempo de concentração é calculado pela seguinte expressão:

$$t_c = 0,39 \times \left(\frac{L^2}{i}\right)^{0,385} \quad (1)$$

Onde:

t_c = Tempo de concentração em horas;

L = Linha de fundo em Km;

i = declividade média em %.

Com auxílio da **tabela 7** e aplicando a **expressão (1)**, é possível obter o seguinte resultado para o tempo de concentração.

$$t_c = 8,00 \text{ h}$$

b. Cálculo do tempo Unitário

36

O tempo unitário é calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta t = \frac{t_c}{5} \quad (2)$$

Onde:

Δt = Tempo unitário em horas;

t_c = Tempo de concentração em horas.

Com o resultado do "item a" e aplicando a **expressão (2)**, obtêm-se o seguinte resultado para o tempo unitário.

$$\Delta t = 1,60 \text{ h}$$

c. Cálculo do tempo de pico

O tempo de pico é calculado pela seguinte expressão:

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + (0,6 \times t_c) \quad (3)$$

Onde:

t_p = Tempo de pico em horas;

Δt = Tempo unitário em horas;
 t_c = Tempo de concentração em horas.

Com os resultados dos “itens a e b” e aplicando a **expressão (3)** o resultado para o tempo de pico é:

$$t_p = 5,60 \text{ h}$$

d. Cálculo do tempo de recessão
O tempo de recessão é calculado pela seguinte expressão:

$$t_r = 1,67 \times t_p \text{ (4)}$$

37

Onde:
 t_r = Tempo de recessão em horas;
 t_p = Tempo de pico em horas.

Com o resultado do “item c” e aplicando a **expressão (4)** obtêm-se o seguinte resultado para o tempo de recessão.

$$t_r = 9,34 \text{ h}$$

e. Cálculo do tempo de base
O tempo de base é calculado pela seguinte expressão:

$$t_b = 2,67 \times t_p \text{ (5)}$$

Onde:
 t_b = Tempo de base em horas;
 t_p = Tempo de pico em horas.

Com o resultado do “item c” e aplicando a **expressão (5)** obtêm-se o seguinte resultado para o tempo de base.

$$t_b = 14,93 h$$

f. Cálculo da descarga unitária

A descarga unitária de projeto é calculada pela seguinte expressão:

$$q_p = 0,208 x \left(\frac{A}{t_p} \right) \quad (6)$$

Onde:

q_p = descarga unitária de projeto em $m^3/s/mm$;

t_p = Tempo de pico em horas;

A = Área da bacia em Km^2 .

38

Com o resultado do "item c", auxílio da tabela 7 e aplicando a expressão (6) é possível obter o seguinte resultado para a descarga unitária.

$$q_p = 5,361 m^3/s/mm$$

g. Determinação da chuva (precipitação) de projeto

Para determinação da precipitação de projeto, é preciso considerar quatro aspectos.

- Tempo de retorno ou recorrência
- Tempo de base;
- Series históricas das precipitações do local em estudo;
- Relação da precipitação P com P_0 , que depende da área da bacia.
- Tempo de recorrência ou retorno é o inverso da probabilidade de um evento ocorrer.

Desta maneira o Anexo B3 IS-203: Estudos Hidrológicos recomenda para bueiros celulares, funcionando como canal, um tempo de recorrência de 25 anos o que significa uma probabilidade de $1/25 = 0,04 = 4,00\%$ de chance de o evento ser igualado ou superado a cada ano.

Definido o tempo de retorno e calculado o tempo de base (item e) pode-se mensurar a precipitação "P0" (mm) de acordo com o estudo de Otto-Pfafsstetter realizado para o município de Natal/RN e apresentado abaixo.

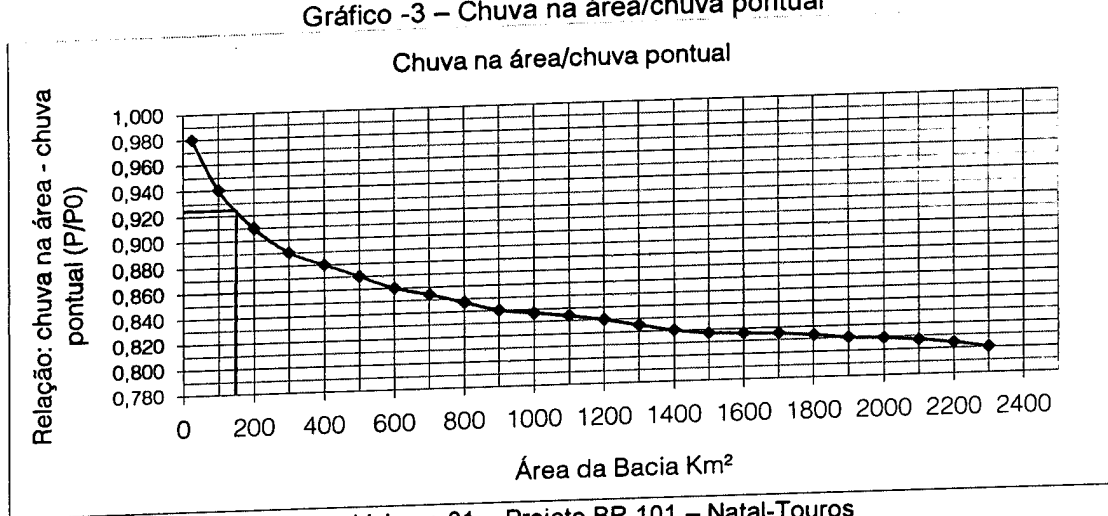
Tabela 8 – Intensidade x duração x frequência posto Natal para 25 anos

INTENSIDADE E DURAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES							
Posto: Natal/RN							
TEMPO DE RETORNO CA CHUVA T_R				25 anos			
CONSTANTES				a	b	c	g
				0,70	23,00	20,00	0,25
DURAÇÃO DA CHUVA "t"			COEFICIENTES		K	P	I
MINUTOS	HORAS	DIAS	a	b		mm	mm/h
60	1	0,042	0,156	0,120	1,964	61,096	61,096
120	2	0,083	0,166	0,120	2,028	78,068	39,034
240	4	0,167	0,174	0,120	2,081	97,171	24,293
480	8	0,333	0,176	0,120	2,094	118,034	14,754
840	14	0,583	0,174	0,120	2,081	137,593	9,828
1440	24	1,000	0,170	0,120	2,054	161,243	6,718
2880	48	2,000	0,166	0,120	2,028	207,272	4,318

Fonte: Chuvas Intensas no Brasil – 1982 – modificada pelo autor

Para um tempo de retorno de 25 anos as alturas de precipitação de chuva são apresentadas na **tabela 8**, porém não é possível ler diretamente a precipitação exata do tempo de base (14,93h), por isso para determinar a altura de chuva P_0 é preciso realizar uma interpolação simples entre os valores de altura de chuva utilizando os tempos de 14 e 24 horas, sendo assim, obtêm-se uma altura de chuva $P_0 = 139,80$ mm. P_0 é a precipitação máxima no ponto crítico da bacia, para que este valor seja estendido em toda sua extensão é necessário obedecer à relação P/P_0 , determinada pelo valor total de sua área, a relação P/P_0 pode ser observada no gráfico a seguir.

Gráfico -3 – Chuva na área/chuva pontual



Fonte: Volume 01 – Projeto BR 101 – Natal-Touros

Como a bacia em estudo tem uma área de 144,1 Km², implica em uma relação $P/P_0 = 0,922$, obtendo dessa forma uma chuva aplicada a área de $P=128,96$ mm. Com a determinação da chuva de projeto é apresentado uma tabela resumo das considerações feitas a respeito da precipitação de projeto.

41

Tabela 9 – Precipitação de projeto

Precipitação de Projeto	
Tempo de retorno (anos)	25
Série Histórica Otto-Pfaffstetter	Posto - Natal/RN
P_0 - Precipitação Máxima Pontual (mm)	139,79
Relação P/P_0	0,922
P - Precipitação de projeto (mm)	128,96

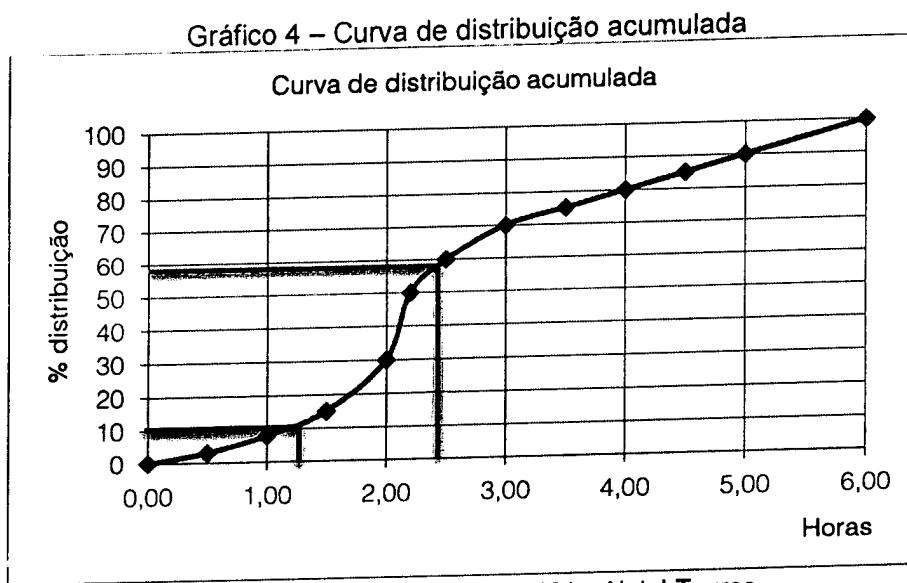
Fonte: Elaborada pelo autor

h. Cálculo das vazões de pico por intervalo de tempo

Até o "item g", foi calculado e definido apenas premissas básicas para aplicação do método do Hidrograma Unitário Triangular. O ponto chave deste método é a determinação das vazões máximas por intervalo de tempo. Estas vazões são determinadas com o auxílio da **tabela 9**:

A coluna 01 é preenchida subdividindo o tempo de concentração em intervalos de tempo iguais ao tempo unitário, desta maneira, para se trabalhar com números inteiros, foi adotado o tempo de concentração igual à 8,0h e o tempo unitário igual à 1,6h.

A coluna 02 refere-se à distribuição da precipitação ao longo do tempo e foi preenchida seguindo a Curva de distribuição acumulada (Soil Conservation Service) expressa no gráfico a seguir:



Fonte: Volume 01 – Projeto BR 101 – Natal-Touros

Como pode ser observado, o **gráfico 4** apresenta uma distribuição de chuva até 6h. Para realizar a relação com o tempo de concentração de 8,0h, é necessário dividir o tempo de concentração pela distribuição máxima (6h), com isso obtêm-se um fator de convenção igual a "1,33". Sendo assim, para realizar a leitura no **gráfico 4** primeiramente é necessário dividir os valores da coluna 01 pelo fator de convenção (1,33).

A coluna 03 é preenchida multiplicando os valores da coluna 02 pela chuva de projeto "P" calculada no item g, dividindo tudo por 100 (distribuição no tempo expressa em porcentagem).

A coluna 04 é preenchida aplicando a seguinte expressão:

$$Chuva = \frac{(P' - 0,25)^2}{(P' + 0,85)} \quad (7)$$

Onde:

chuva = coluna 04 em mm;

P' = precipitação acumulada coluna 03;

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (8);$$

O valor de CN varia de 0 a 100, conforme a permeabilidade do solo, a cobertura vegetal, a textura da superfície e a umidade antecedente do solo. O manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem, editado pelo DNIT, em sua página 73 apresenta valores de CN para diversos tipos de terreno e solo. Esses valores são apresentados a seguir:

Tabela -10 – Número de Curva (CN)

Número de Curva (CN) para Diferentes Condições do Complexo Hidrológico		Grupo Hidrológico de Solo			
Cobertura Vegetal	Condição de Retenção do Solo	A	B	C	D
Terreno não cultivado	Pobre	77	86	91	94
	Boa	72	81	88	91
Terreno cultivado	Pobre	51	67	76	80
	Boa	68	79	86	89
Pasto	Pobre	39	61	74	80
	Boa	45	66	77	83
Mata ou Bosque Mata ou Bosque	Pobre	25	55	70	77
	Boa	74	80	87	90
Área Urbana	Pobre	70	76	83	86
	Boa				

Fonte: Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem – IPR 715

Os grupos hidrológicos do solo são descrito de abaixo:

- Grupo A – Potencialidade mínima para formação de deflúvio superficial. Inclui areias em camadas espessas com muito pouco silte e argila.
- Grupo B – Principalmente solos arenosos menos espessos que no grupo A e solos menos profundo ou menos agregado que no grupo A, porem apresentam infiltração acima da média, após intenso umedecimento prévio.
- Grupo C – Compreende solos poucos profundos e solos contendo bastante argila e colóides, no entanto menos que no grupo D. o grupo apresenta infiltração abaixo da média, após pré-saturação
- Grupo D – Potencial máximo para formação do deflúvio superficial. O grupo inclui em sua maioria, argilas de alto valor de expansão.

Pela descrição acima, o solo da bacia do Rio Taborda enquadra-se no grupo B com condição de retenção superficial boa. Em uma área de mais de 144 km² é difícil mensurar um tipo apenas de cobertura vegetal que se enquadre em toda

região, por isso, utilizando-se de fotos aéreas foi realizado uma divisão da cobertura vegetal na área da bacia gerou um valor médio do **CN=48**.

Com o valor do CN é possível encontrar o valor de "S", para aplicar a expressão 7, e definir assim a coluna 04.

A coluna 05 é apenas o incremento de chuva da coluna 04, o preenchimento é dado diminuindo o valor da chuva efetiva acumulada (coluna 04) menos o valor imediatamente anterior.

Os valores da coluna 06 são únicos para todas as distribuições e igual à descarga unitária, calculada no "item f" (5,361 m³/s/mm).

A coluna 07 é obtida multiplicando-se os valores da coluna 05 x valores da coluna 06. Com isso, a tabela Hidrograma Unitário Triangular está completa e com seguinte configuração:

Tabela 11 - Hidrograma Unitário Triangular

HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR COMPOSTO						
Tempo (hora)	Distribuição no Tempo (%)	Precipitação Acumulada (mm)	Chuva Efetiva		Descarga Unitária (m³/s/mm)	Vazão de Pico p/ incremento de chuva (m³/s)
			Acumulada (mm)	Incremento (mm)		
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
0,0 – 1,6	10	13	0	0	5,361	0,00
1,6 – 3,2	58	5	1	1	5,361	5,36
3,2 – 4,8	75	97	6	5	5,361	26,81
4,8 – 6,4	88	113	10	4	5,361	21,44
6,4 – 8,0	100	129	16	6	5,361	32,17

Fonte: Elaborada pelo autor

i. Plotagem dos gráficos de distribuição das vazões de pico no tempo. Quando o tempo de concentração é fracionado em intervalos iguais (coluna 01), o estudo das vazões passa a ser individualizado. Sendo assim é preciso analisar os resultados até aqui encontrados.

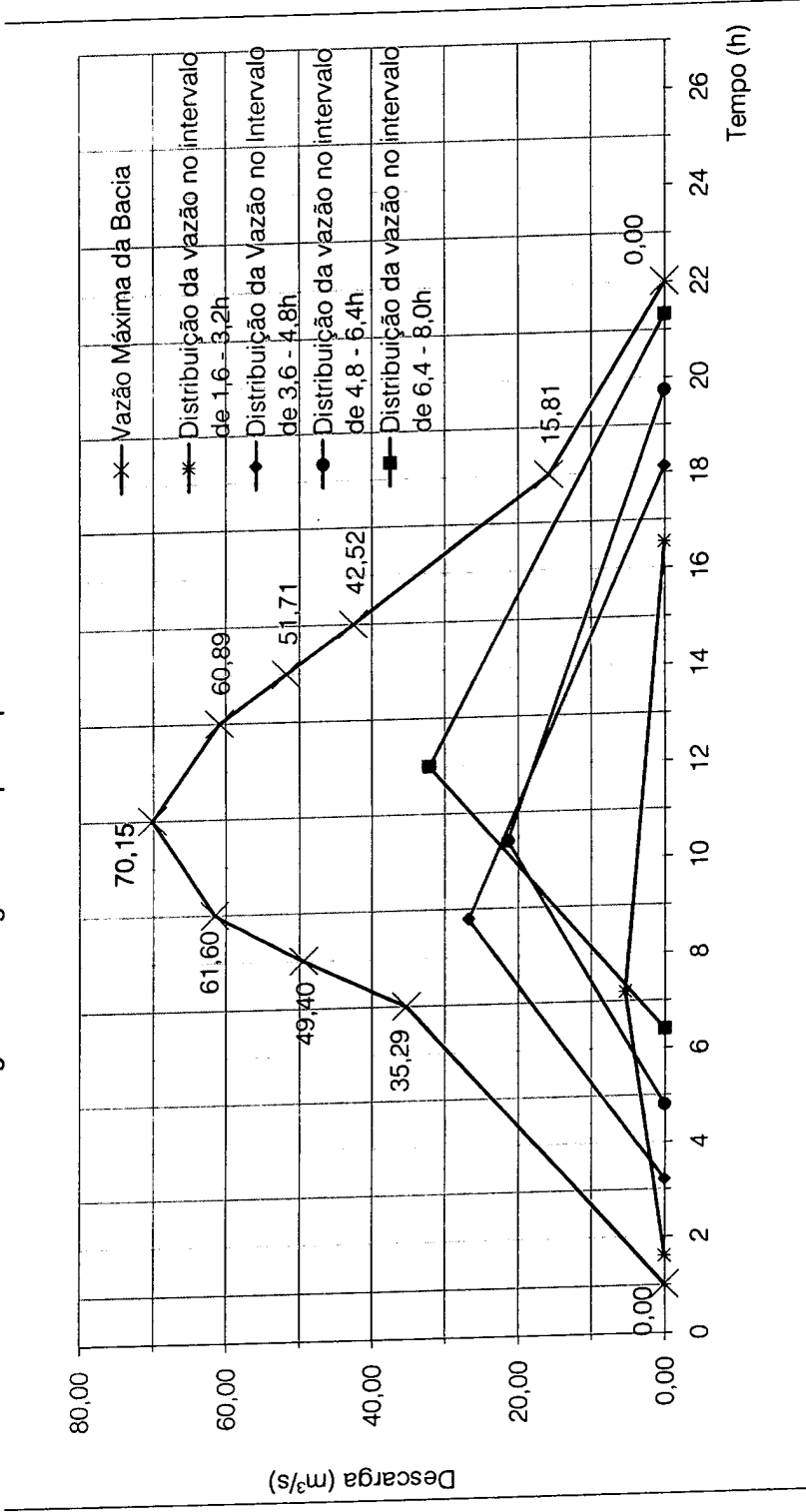
Neste momento são introduzidos dois conceitos anteriormente calculados, são eles:

- Tempo de pico – significa o tempo em que é atingida a vazão máxima (coluna 07);
- Tempo de recessão - significa o tempo em a vazão cessa (atinge valor igual a zero).

Tratando cada intervalo de tempo como uma bacia individualizada depois realizando a soma dos gráficos, é obtido o seguinte resultado:

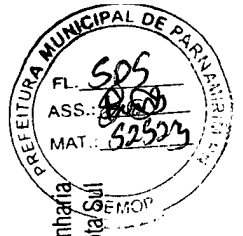
45

Gráfico 5-- Hidrograma Triangular Composto para bacia do bueiro no Rio Taborda



Fonte: Elaborada pelo autor

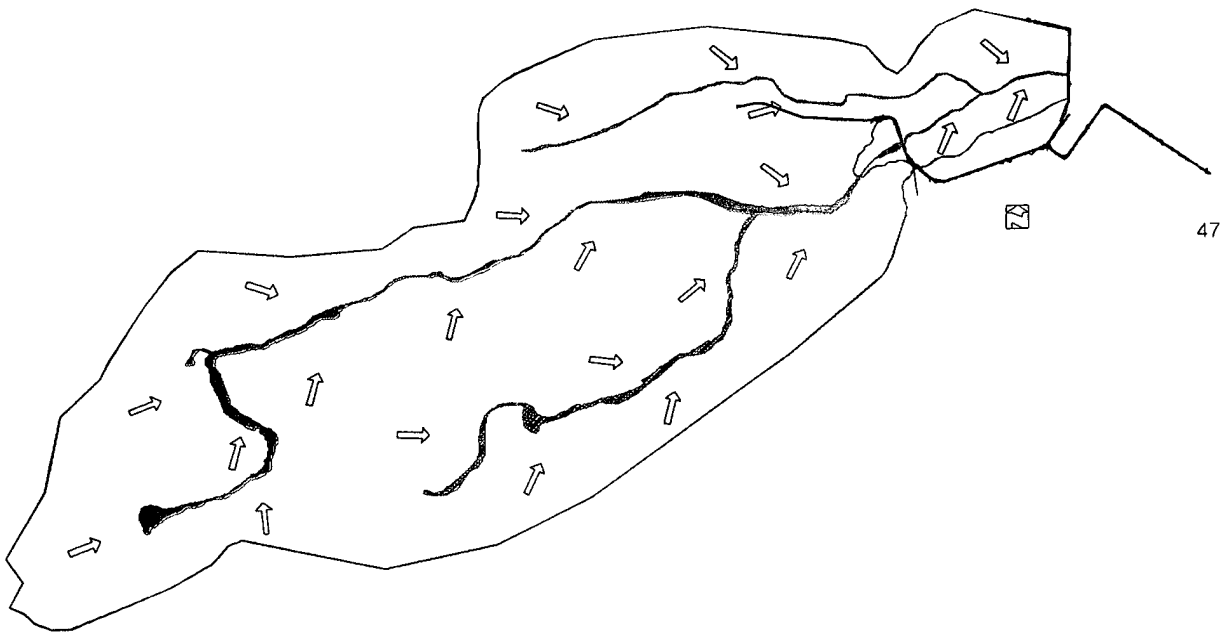
A vazão do curso d'água no ponto que será implantado o bueiro é de 70,15 m³/s.



3.3.6.2 Bacia da ponte sobre o Rio Taborda (Bacia 06)

Esta bacia, como foi apresentada anteriormente, será tratada isoladamente, pois apresentou uma área de aproximadamente 17.757,92 ha ou 177,57 km². Portanto necessitou utilizar o Método citado anteriormente e já utilizado na bacia do bueiro existente do Rio Taborda, que foi o do Hidrograma Unitário Triangular (HUT). Abaixo segue a Figura da bacia e tabela com suas características.

Figura 10 – Características da bacia



Fonte: Elaborada pelo autor - sem escala

Tabela 12 – Características da Bacia 06

Caracterização da Bacia 06	
Área da bacia (km ²)	177,57
Linha de fundo (km)	29,00
Declividade Efetiva (%)	0,21

Fonte: Elaborada pelo autor

Memória de Cálculo

Utilizando o mesmo método anterior, os seguintes resultados são encontrados:

- $t_c = 9,51$ h
- $\Delta t = 1,90$ h

- $t_p = 6,66$ h
- $t_r = 11,12$ h
- $t_b = 17,78$ h
- $q_p = 5,546$ m³/s/mm

O Anexo B3 IS-203 recomenda para pontes um tempo de recorrência de 100 anos o que significa uma probabilidade de $1/100 = 0,01 = 1,00\%$ de chance de o evento ser igualado ou superado a cada ano.

Definido o tempo de retorno e calculado o tempo de base pode-se mensurar a precipitação "P0" (mm) de acordo com o estudo de Otto-Pfafstetter realizado para o município de Natal/RN e apresentado abaixo.

Tabela 13 – Intensidade x duração x frequência
INTENSIDADE E DURAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES

Posto: Natal/RN							
TEMPO DE RETORNO CA CHUVA T_R				100 anos			
CONSTANTES				a	b	c	g
				0,70	23,00	20,00	0,25
DURAÇÃO DA CHUVA "t"			COEFICIENTES		K	P	I
MINUTOS	HORAS	DIAS	a	b		mm	mm/h
5	0,08	0,003	0,108	-0,080	1,464	14,424	173,089
15	0,25	0,010	0,122	0,000	1,754	31,697	126,788
30	0,50	0,021	0,138	0,080	2,121	51,551	103,102
60	1	0,042	0,156	0,120	2,443	75,999	75,999
120	2	0,083	0,166	0,120	2,558	98,466	49,233
240	4	0,167	0,174	0,120	2,654	123,927	30,982
480	8	0,333	0,176	0,120	2,679	150,953	18,869
840	14	0,583	0,174	0,120	2,654	175,481	12,534
1440	24	1,000	0,170	0,120	2,606	204,506	8,521
2880	48	2,000	0,166	0,120	2,558	261,431	5,446
4320	72	3,000	0,160	0,120	2,488	306,178	4,252

Fonte: Chuvas Intensas no Brasil – 1982 – modificada pelo autor

Para um tempo de retorno de 100 anos as alturas de precipitação de chuva são apresentadas na **tabela 13**, porém não é possível ler diretamente a precipitação exata do tempo de base (17,78h), por isso para determinar a altura de chuva P0 é preciso realizar uma interpolação simples entre os valores de altura de chuva utilizando os tempos de 14 e 24 horas, sendo assim obtêm-se uma altura de chuva

$P_0 = 186,50$ mm. P_0 é a precipitação máxima no ponto crítico da bacia, para que este valor seja estendido em toda sua extensão é necessário obedecer à relação P/P_0 , determinada pelo valor total de sua área, a relação P/P_0 pode ser observada no gráfico 3.

Como a bacia em estudo tem uma área de $177,57$ Km^2 , implica em uma relação $P/P_0 = 0,918$, obtendo dessa forma uma chuva aplicada a área de $P=171,16$ mm. Com a determinação da chuva de projeto é apresentado uma tabela resumo das considerações feitas a respeito da precipitação de projeto.

Tabela 14 – Precipitação de projeto

Precipitação de Projeto	
Tempo de retorno (anos)	100
Série Histórica Otto-Pfafsttetter	Posto - Natal/RN
P_0 - Precipitação Máxima Pontual (mm)	186,45
Relação P/P_0	0,918
P - Precipitação de projeto (mm)	171,16

Fonte: Elaborada pelo autor

49

O solo da bacia do Rio Taborda enquadra-se no grupo B com condição de retenção superficial boa. Em uma área de mais de 177 km^2 é difícil mensurar um tipo apenas de cobertura vegetal que se enquadre em toda região, por isso, utilizando-se de fotos aéreas foi realizado uma divisão da cobertura vegetal na área da bacia. Essa divisão gerou um valor médio do **CN=58**.

A tabela Hidrograma Unitário Triangular está completa e com seguinte configuração:

Tabela 15 - Hidrograma Unitário Triangular

HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR COMPOSTO						
Tempo (hora)	Distribuição no Tempo (%)	Precipitação Acumulada (mm)	Chuva Efetiva		Descarga Unitária ($\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$)	Vazão de Pico p/ incremento de chuva (m^3/s)
			Acumulada (mm)	Incremento (mm)		
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
0,0 – 1,9	10	17	0	0	5,546	0,00
1,9 – 3,8	58	99	16	16	5,546	88,74
3,8 – 5,7	75	128	30	14	5,546	77,64

HIDROGRAMA UNITÁRIO TRIANGULAR COMPOSTO						
Tempo (hora)	Distribuição no Tempo (%)	Precipitação Acumulada (mm)	Chuva Efetiva		Descarga Unitária (m³/s/mm)	Vazão de Pico p/ incremento de chuva (m³/s)
			Acumulada (mm)	Incremento (mm)		
5,7 – 7,6	88	151	44	14	5,546	77,64
7,6 – 9,5	100	171	57	13	5,546	72,10

Fonte: Elaborada pelo autor

- Plotagem dos gráficos de distribuição das vazões de pico no tempo

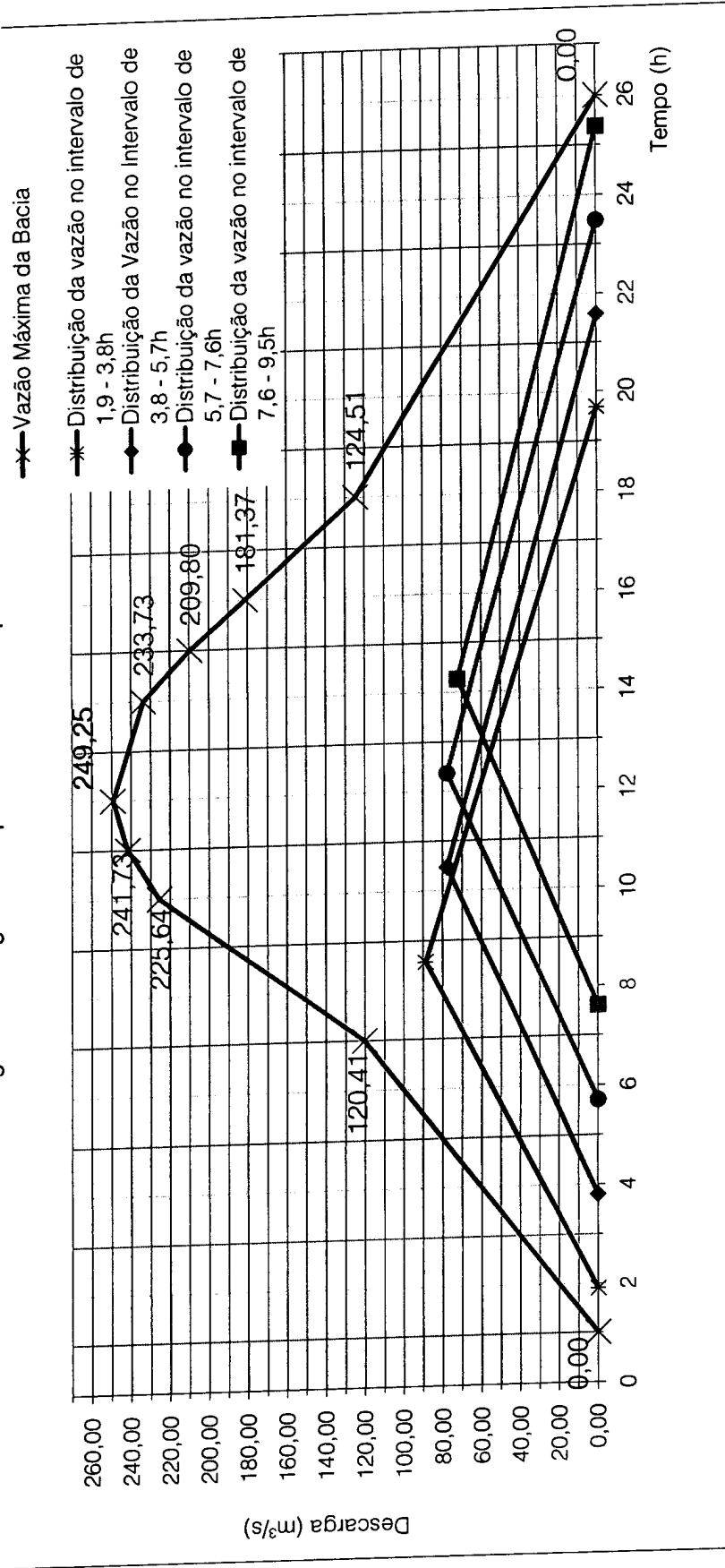
Quando o tempo de concentração é fracionado em intervalos iguais de horas (coluna 01), o estudo das vazões passa a ser individualizado. Sendo assim é preciso analisar os resultados até aqui encontrados.

Neste momento são introduzidos dois conceitos anteriormente calculados, são eles:

- Tempo de pico – significa o tempo em que é atingida a vazão máxima (coluna 07);
- Tempo de recessão - significa o tempo em a vazão cessa (atinge valor igual a zero).

Tratando cada intervalo de tempo como uma bacia individualizada depois realizando a soma dos gráficos, é obtido o seguinte resultado:

Gráfico 6-- Hidrograma Triangular Composto da bacia da ponte sobre o Rio Taborda



Fonte: Elaborada pelo autor

A vazão do curso d'água no ponto que será implantado a ponte é de **249,25 m³/s**.

3.3.7 Justificativa

Necessário se faz um esclarecimento sobre a diferença de vazão encontrada para os dois pontos de intercessão da Rota Sul com o Rio Taborda.

Para o primeiro caso, cuja obra existente é um bueiro triplo celular de 3,0 m x 3,0 m, decidiu-se manter a mesma seção, apenas fazendo o prolongamento, em razão do bom estado de conservação da obra, e de ter-se utilizado um Tempo de Retorno de 25 anos, compatível para bueiros celulares trabalhando como canal, e um coeficiente de Run-off de áreas rurais, mesclado com área urbana em princípio de crescimento. Esta decisão baseou-se no fato de que para os próximos anos esta seção de vazão deverá atender a demanda do rio, e quando então o processo de urbanização se intensificar, o bueiro existente terá de ser substituído por obra d'arte com seção maior, mas considerou-se neste momento ser desnecessário este investimento.

52

Para o segundo caso, mais à jusante, cuja obra ainda não existe, projetou-se uma ponte com 25 metros de vão e extensão de 26,50 metros, compatível para um Tempo de Retorno de 100 anos, e um coeficiente de Run-off que prevê uma área urbanizada com densidade superior ao primeiro caso, garantindo assim um tempo de projeto muito maior para a obra a ser construída.

3.3.8 Conclusão

Foram definidas, neste capítulo, as vazões para as obras D'arte que serão implantadas ou prolongadas na Rota Sul, que são nove bueiros tubulares, uma ponte e um bueiro celular, que servirão para coletar as águas que descem pela parte mais alta do terreno, bem como pela própria plataforma da via, e/ou farão a travessia encaminhando as águas pluviais para locais seguros, sem o risco de provocar erosões que venham a comprometer o corpo estradal. Desta forma a continuidade dos talwegues está assegurada. O detalhamento destas obras d'artes se encontra no capítulo do projeto de drenagem.

4. Projetos Elaborados

4.1 Projeto Geométrico

4.1.1 Considerações Gerais

O Projeto foi desenvolvido em dois trechos: o Trecho 1 – que é caracterizado pela duplicação da RN – 313, da interseção da BR-101 com a RN-313 até as proximidades do entroncamento com a RN – 063 (Rota do Sol) numa extensão de 12,72 Km.; e o Trecho 2 – que é caracterizado como a rodovia que interligará a Av Olavo Lacerda Montenegro com a RN-313 com extensão de 4,00 Km.

O Projeto Geométrico foi realizado de acordo com os estudos topográficos feitos na região e seguiu as especificações que estavam presentes nos Termos de Referência e nas Instruções de Serviço IS-208 e 213 para Elaboração de Projeto Geométrico e de Interseções.

O processo de urbanização de Nísia Floresta começa a se desenvolver ao longo da RN – 313, com a criação de zonas comerciais e principalmente de zonas residenciais, e a expectativa é de que num futuro próximo a quantidade de usuários que passarão a utilizar a rodovia aumente substancialmente, necessitando assim de melhorias operacionais que visem atender a esse aumento do fluxo promovendo conforto e segurança a todos os envolvidos nesse processo.

Um dos objetivos desse projeto foi de assegurar a circulação ordenada dos usuários da rodovia, mantendo o nível de serviço previsto para ela, garantindo a segurança nas áreas em que o fluxo de veículos possa sofrer interferência de outras correntes internas e externas.

Em termos de geometria horizontal, o projeto obedeceu a diretriz definida pela rodovia RN-313 (existente) e pelos limites da faixa de domínio.

Os elementos fornecidos pelo estudo topográfico foram convertidos em arquivo magnético do tipo Autocad. Este arquivo lido pelo software Autodesk Autocad Civil 3D 2017, gerou a superfície do terreno, possibilitando o traçado do alinhamento horizontal e vertical, definindo as seções transversais e Notas de Serviço.

De acordo com as Normas do Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, as características básicas da rodovia foram enquadradas na classe de projeto de “Via Arterial Primária”.

Tabela 16 – Características gerais para o projeto

CARACTERÍSTICAS	DESEJÁVEL	ABSOLUTO
• Velocidade diretriz	70 Km/h*	50 Km/h
• Distância mínima de visibilidade de parada	105 m	65 m
• Raio mínimo de curva horizontal $e_{max} = 6\%$	185 m	80 m
• Taxa máxima de superelevação	6%	6%
• Rampa máxima (região ondulada)	4%	9%
• Rampa mínima	0,50 %	0,35 %
• Valor mínimo de K para curvas verticais convexas	17	7
• Valor mínimo de K para curvas verticais côncavas	23	13
• Largura da faixa de rolamento	3,50m	3,30 m
• Declividade transversal da pista	2,0 %	2,5 %
• Largura mínima do acostamento externo	3,00m	0,00 m
• Largura mínima da faixa de segurança	0,60 m	0,30 m
• Gabarito mínimo vertical	5,50m	4,50 m

Fonte: Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas

4.1.2 Projeto em Planta

O projeto horizontal procurou não comprometer o traçado vertical, buscando curvas que possibilitem a inserção de veículos longos e melhor visibilidade quanto à extensão da rodovia. As curvas adotadas neste projeto foram dois tipos de curvas: curvas circulares e as curvas de transição.

As principais características do projeto em planta são as seguintes:

Tabela 17 – Características gerais para o projeto geométrico

Extensão em tangente	12.406,73m	74,11%
Extensão em curva circular	2.373,58m	14,18%
Extensão em curva espiral	1.960,01m	11,71%
Extensão total	16.740,32m	
Raio mínimo das curvas circulares	80 m	
Raio máximo das curvas circulares	2.500 m	
Número de curvas	23	
Curvas/Km	1,37	

Fonte: Elaborada pelo autor

Os elementos das curvas horizontais projetadas estão apresentados nos quadros abaixo:

Para as curvas circulares:

Tabela 18 – Características das curvas circulares

TABELA DE CURVA CIRCULAR						
CURVA	AC	TANG. (m)	RAIO (m)	DESENV. (m)	PC	PT
CC1	9°12'52,91"	76,56	950,00	152,79	0+17,14 m	8+9,93 m
CC2	23°45'48,34"	131,50	625,00	259,22	15+6,47 m	28+5,69 m
CC3	1°20'31,09"	14,64	1.250,00	29,28	58+9,11 m	59+18,38 m
CC4	14°21'43,53"	37,80	300,00	75,20	63+7,46 m	67+2,66 m
CC5	2°27'44,97"	27,94	1.300,00	55,87	70+12,00 m	73+7,88 m
CC6	3°20'34,92"	37,94	1300,00	75,85	85+5,31 m	89+1,16 m
CC7	2°39'10,82"	30,10	1300,00	60,19	91+7,67 m	94+7,87 m
CC8	20°06'06,59"	70,90	400,00	140,34	125+3,01 m	132+3,35 m
CC9	42°00'46,42"	71,04	185,00	135,65	143+1,33 m	149+16,98 m
CC10	15°35'24,66"	68,45	500,00	136,05	195+5,92 m	202+1,97 m
CC11	42°04'12,61"	142,29	370,00	271,68	239+10,61 m	253+2,29 m
CC12	14°24'07,55"	26,53	210,00	52,79	380+1,12 m	382+13,90 m
CC13	21°40'32,86"	15,32	80,00	30,27	407+8,07 m	408+18,33 m
CC14	6°09'48,66"	51,15	950,00	102,19	445+3,79 m	450+5,99 m
CC15	5°08'35,64"	42,67	950,00	85,28	451+12,24 m	455+17,52 m
CC16	22°25'02,24"	17,83	90,00	35,21	485+17,33 m	487+12,54
CC17	3°17'23,21"	27,28	950,00	54,55	547+17,33 m	550+11,88 m
CC18	4°38'27,95"	60,79	1.500,00	121,50	568+13,69 m	574+15,20 m
CC19	3°57'00,76"	34,49	1.000,00	68,94	604+5,67 m	607+14,61 m
CC25	2°01'32,48"	16,80	950,00	33,59	92+4,42 m	93+18,01 m
CC26	18°30'54,32"	65,20	400,00	129,26	148+15,87 m	155+5,13 m
CC27	2°32'20,87"	55,40	2500,00	110,79	171+16,18 m	177+6,97 m
CC28	3°17'37,82"	71,88	2500,00	143,72	180+9,92 m	187+13,64 m

Fonte: Elaborada pelo autor

Para as curvas de transição:

Tabela 19 – Características das curvas espirais

TABELA DE CURVA DE TRANSIÇÃO				
CURVA	ΦS	Ls (m)	ABSCISSA (X)	ORDENADA (Y)
CT1	5°30'01,42"	120,00	119,89	3,84
CT2	5°30'01,42"	120,00	119,89	3,84
CT3	23°13'40,87"	150,00	147,55	20,03
CT4	23°13'40,87"	150,00	147,55	20,03
CT5	6°52'31,78"	120,00	119,83	4,80
CT6	6°52'31,78"	120,00	119,83	4,80
CT7	9°17'28,35"	120,00	119,68	6,47
CT8	9°17'28,35"	120,00	119,68	6,47
CT9	20°27'46,00"	150,00	148,10	17,70
CT10	20°27'46,00"	150,00	148,10	17,70
CT11	35°48'35,50"	100,00	96,16	20,26
CT12	35°48'35,50"	100,00	96,16	20,26
CT13	31°49'51,56"	100,00	96,96	18,11
CT14	31°49'51,56"	100,00	96,96	18,11
CT23	8°35'39,72"	120,00	119,73	5,99
CT24	8°35'39,72"	120,00	119,73	5,99

Fonte: Elaborada pelo autor

4.1.3 Projeto em Perfil

Da mesma forma do traçado em planta, aqui também se procurou introduzir curvas verticais parabólicas que combinassem com as curvas do terreno natural. Ressalva seja feita aos aterros dos bueiros onde houve a necessidade de elevá-los de tal forma a manter o recobrimento mínimo sobre as manilhas de concreto, mas obedecendo a rampa máxima, e as condições de visibilidade.

Os critérios de rampa máxima e de visibilidade foram atendidos, com exceção de pontos, onde por motivo de haver residências próximas, não foi possível atender aos critérios máximos. Nestes casos haverá uma restrição na velocidade diretriz, apresentada no projeto de sinalização. O critério de rampa mínima foi seguido pelo greide de projeto e foram corrigidas as declividades abaixo da mínima nos trechos existentes, porém, em pequenos trechos foram utilizadas rampas com inclinações um pouco abaixo das mínimas para se evitar pontos de acúmulo de água e viabilizar a drenagem desses trechos

As faixas de declividade podem ser visualizadas nas tabelas a seguir:

Tabela 20–Faixa de declividades do Trecho 01 (trecho a ser duplicado)

0%	≤ <	2%	9.339,15	73,32%
2%	≤ <	4%	1.706,24	13,40%
4%	≤ <	6%	705,62	5,54%
6%	≤ <	8%	442,98	3,48%
8%	≤ <	11%	543,36	4,26%
TOTAL			12.737,35	100,00

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 21–Faixa de declividades do Trecho 02 (trecho a ser implantado)

0%	≤ <	2%	1.911,34	47,74%
2%	≤ <	4%	213,82	5,34%
4%	≤ <	6%	201,38	5,03%
6%	≤ <	8%	293,29	7,33%
8%	≤ <	11%	643,15	16,07%
Trecho com pavimento em paralelepípedo existente a ser recuperado e capeado			739,99	18,49%
TOTAL			4.002,97	100,00

Fonte: Elaborada pelo autor

4.1.4 Seção Transversal das Rodovias

A seção transversal tipo adotada apresenta as seguintes características:

- Largura da pista : Variável
- Declividade transversal : 2,0%
- Talude aterro : H=1,5:V=1,0
- Talude corte : H=1,5:V=1,0

4.1.5 Apresentação

O projeto geométrico será apresentado no Volume 2 – Projeto de Execução, mostrando a planta topográfica e o perfil longitudinal com greides lançados. No Volume Anexo 3D - Relatório Final, serão apresentados o quadro de cubação, as notas de serviço e Locação dos eixos das rodovias:

59

4.2 Projeto de Terraplenagem

4.2.1 Considerações Gerais

A terraplenagem do Trecho 01 foi projetada com base no greide da RN-313, devido ao fato da maior parte dele coincidir com o eixo desta rodovia. Isto resultou, em alguns casos, em rampas acima da máxima considerada para a Classe de Rodovia escolhida. No entanto, em razão da presença de residências muito próximas ao bordo da pista e para se evitar mais desapropriações, decidiu-se manter o greide existente. Para estes casos haverá a devida sinalização de advertência.

Na maior parte do projeto as características geométricas foram plenamente atendidas no tocante a classificação como Via Arterial Primária, e em alguns casos onde foi possível, houve melhora do greide existente para possibilitar a implantação de bueiros, garantindo seus recobrimentos.

60


4.2.2 Elementos Básicos

Os elementos utilizados na elaboração do Projeto de Terraplenagem foram obtidos a partir do Projeto Geométrico, que por sua vez obedeceu ao traçado horizontal e vertical da RN-313 em sua grande maioria.

4.2.3 Movimento de Terra

O volume de material para aterro será importado dos cortes obtidos do alargamento da plataforma (pista dupla), e também de empréstimo fora de faixa, localizado em área próxima à estaca 192+0 (lado esquerdo) do Trecho 01. Tais volumes foram encontrados a partir dos 16,72 Km de rodovias a serem implantadas e duplicadas, incluindo os aterros de encontro da ponte sobre o Rio Taborda, conforme tabela a seguir:

Tabela 22–Cubação das Vias

		QUADRO DE CUBAÇÃO		
		PROJETO DA ROTA SUL		Revisão 0
		RESUMO GERAL		12/07/2017
Descrição	Extensão (m)	Volume de Corte (m³)	Vol. Aterro Comp. (m³)	Saldo (m³)
Trecho 01	12.737,35	50.067,86	89.707,70	-39.639,84
Trecho 02	4.002,97	38.274,67	84.791,24	-46.516,57
Total	16.740,32	88.342,53	174.498,94	-86.156,41

Fonte: Elaborada pelo autor

O saldo negativo de 86.156,41 m³ será aportado através de região de empréstimo localizada por volta da estaca 192+0 (lado esquerdo) do Trecho 01.

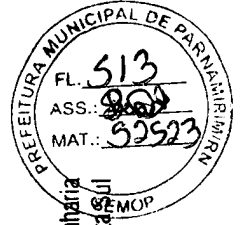
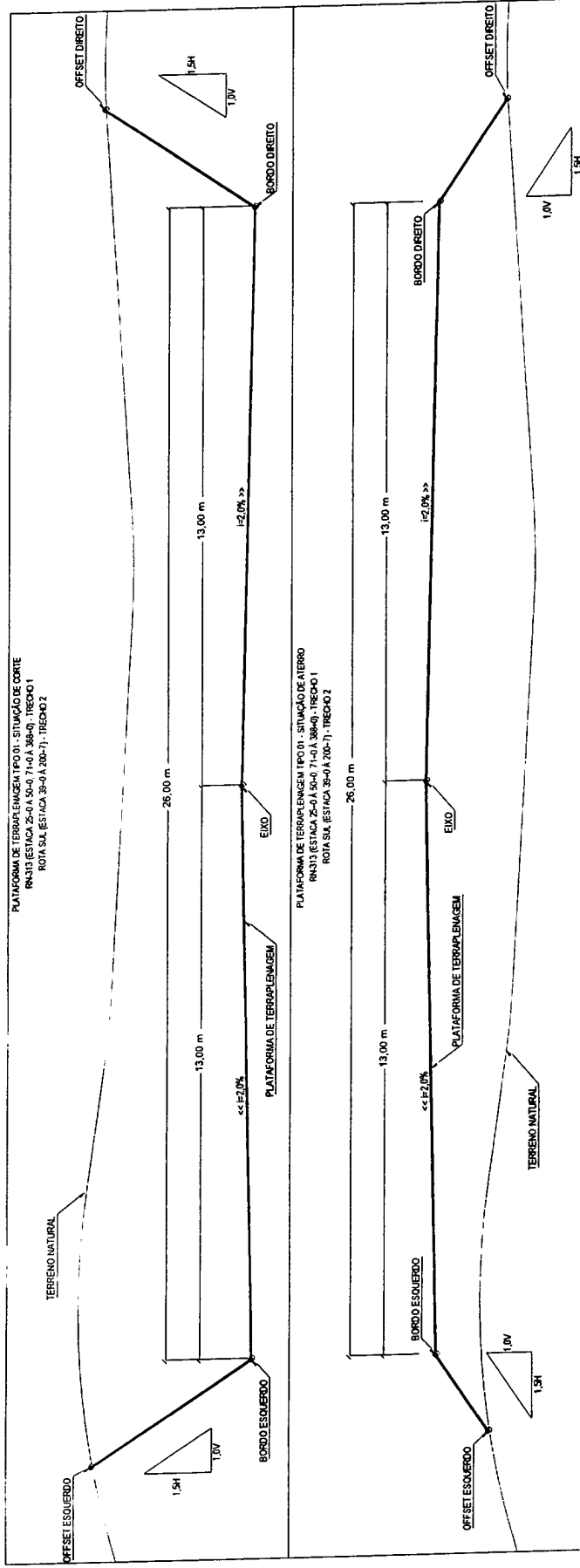
4.2.4 Natureza dos materiais a escavar

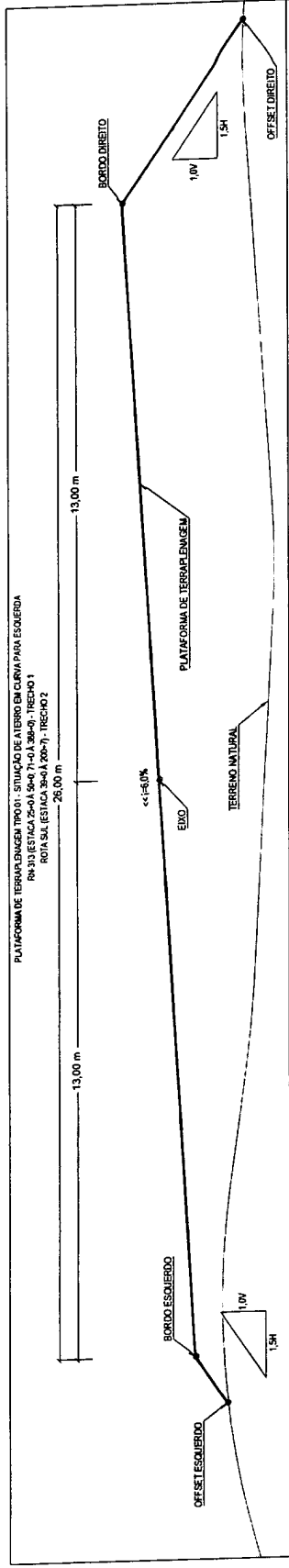
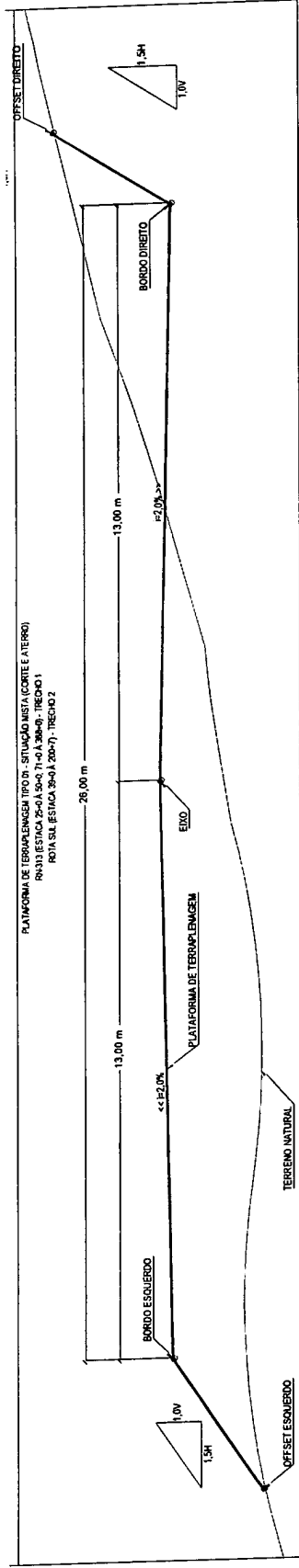
As informações fornecidas pelos estudos geotécnicos indicam que os materiais a escavar são de 1º categoria.

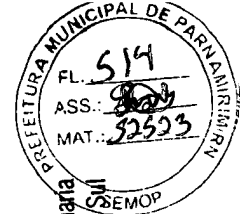
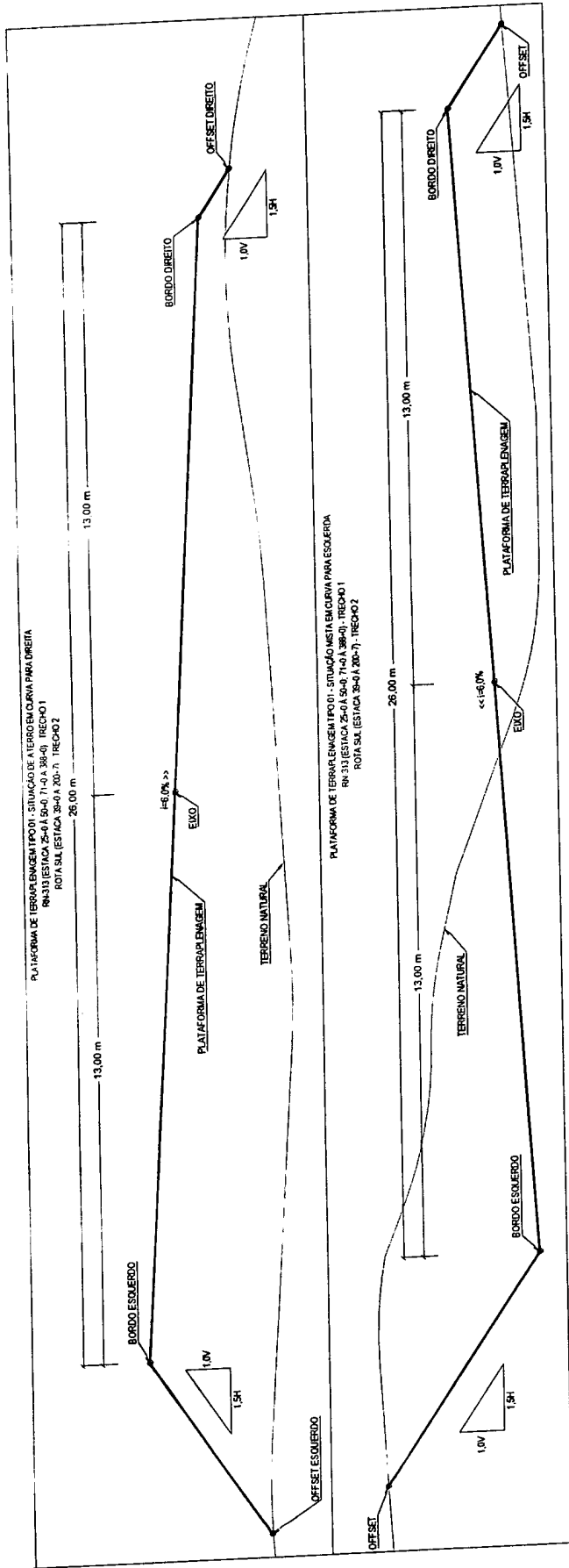
61

4.2.5 Seções Transversais Típicas de Terraplenagem

Figura 11 – Seções Transversais Típicas de Terraplenagem

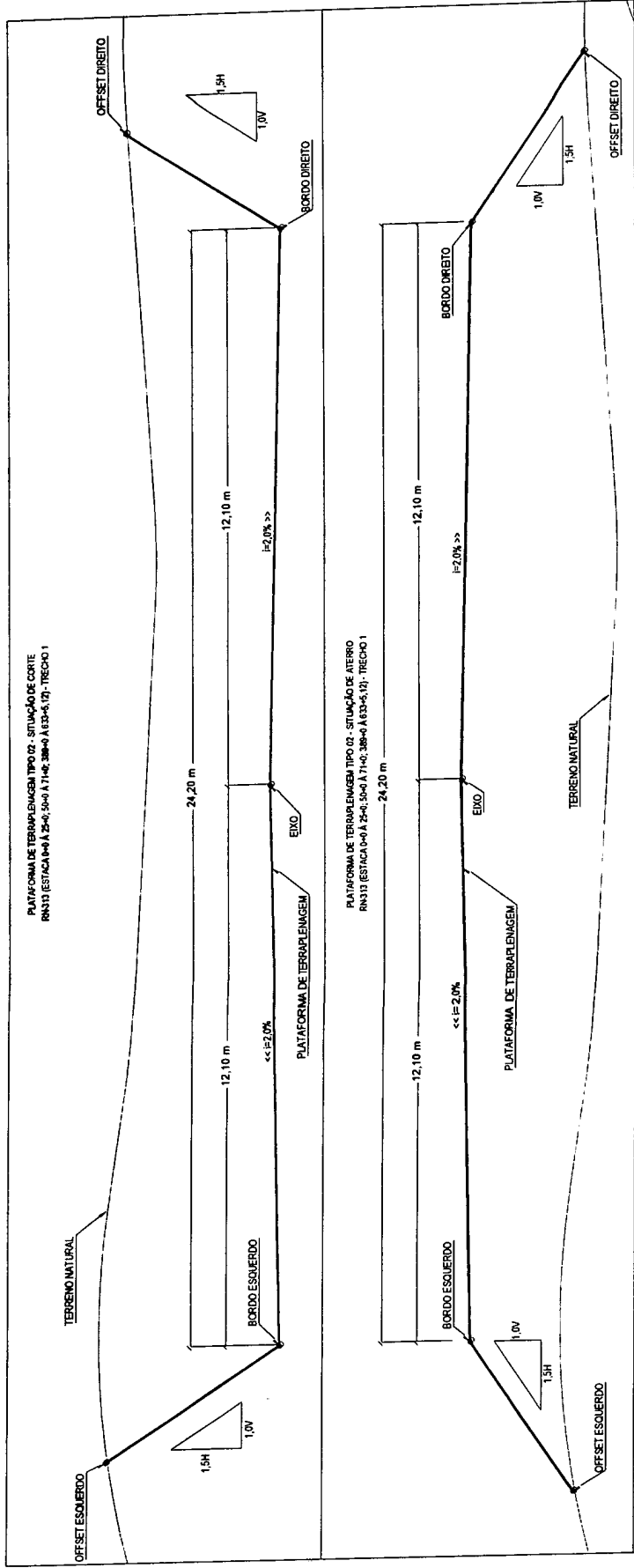


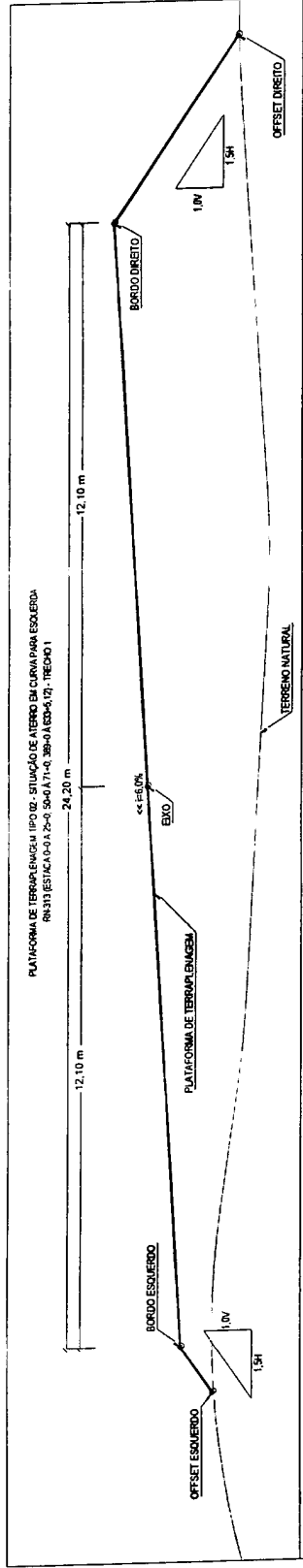
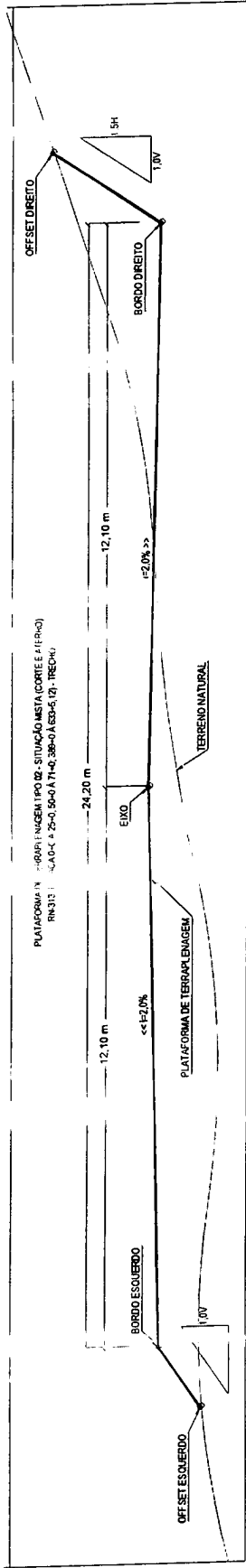




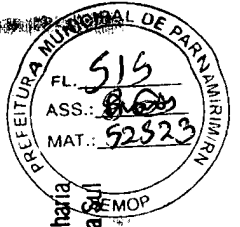
Projeto Executivo de Engenharia
para Implantação da Rota Sul

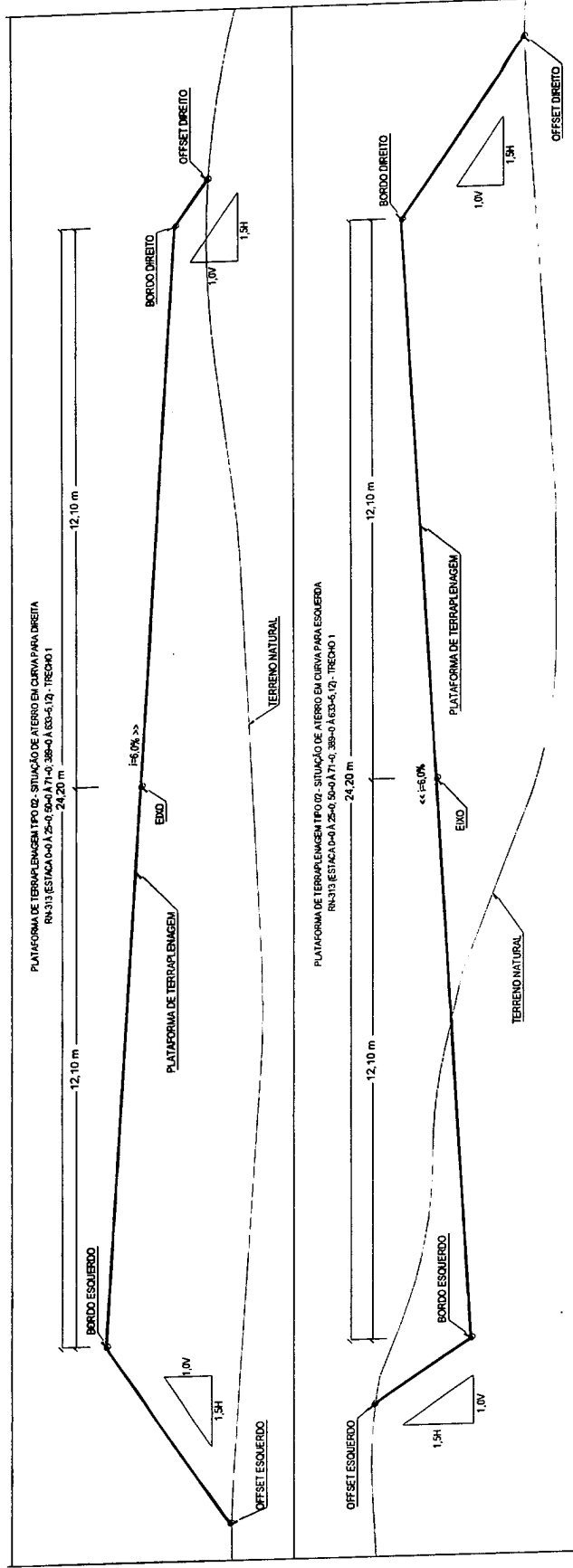
Projeto Executivo





Fonte:





Elaborada pelo autor

4.2.6 Apresentação

O projeto de terraplenagem será apresentado no Volume 2 - Projeto de Execução.

4.3 Projeto de Drenagem

4.3.1 Introdução

O projeto de drenagem tem por objetivo evitar a erosão provocada pela ação das águas superficiais e profundas no corpo estradal, afastando-as, através de dispositivos apropriados, para locais previamente determinados.

4.3.2 Drenagem superficial

A condição do projeto, com sucessões de cortes e aterros, nos forçou a adotar meio-fio e descidas d'água para encaminhar as águas superficiais de forma adequada e segura em locais de aterros mais altos, bem como a adoção de bueiros de greide para a transposição de pequenos talvegues.

4.3.3 Obras de arte correntes

Estão previstos o prolongamento de 2 (dois) Bueiros Tubulares de Concreto existentes e 1 (um) Bueiro Celular de Concreto existente, a construção de 7 (Sete) Bueiros Tubulares de Concreto com diâmetros de 0,80m a 1,20m, a construção de 1 (uma) ponte e a construção de 2 (duas) galerias de drenagem pluvial.

68

Tabela 23–Resumo dos bueiros

Características das Bacias de Contribuição			
Descrição	Via	Vazão (m³/s)	Bueiro
Bacia 01	Trecho 01 – Estaca 32+9,00	0,25	BSTC Ø=0,80m (a ser prolongado)
Bacia 02	Trecho 01 – Estaca 180+10,0	70,15	BTCC 3,00m x 3,00m (a ser prolongado)
Bacia 03	Trecho 01 – Estaca 345+12,0	1,44	BSTC Ø=1,00m
-	Trecho 01 – Estaca 496+10,0	-	BSTC Ø=1,00m (a ser prolongado)
Bacia 04	Trecho 01 – Estaca 556+4,0	0,79	BSTC Ø=0,80m
Bacia 05	Trecho 01 – Estaca 580+8,0	1,20	BSTC Ø=1,00m
-	Trecho 02 – Estaca 99+17,0	-	BDTC Ø=1,20m
Bacia 06	Trecho 02 – Estaca 106+15,0	249,25	Ponte
-	Trecho 02 – Estaca 114+0	-	BDTC Ø=1,20m
Bacia 07	Trecho 02 – Estaca 154+0	0,87	BSTC Ø=0,80m
Bacia 08	Trecho 02 – Estaca 182+10,0	1,64	BSTC Ø=1,20m

Fonte: Elaborada pelo autor

O estudo para o dimensionamento hidráulico dos bueiros tubulares de concreto foi efetuado levando-se em consideração os seguintes critérios:

- A obra funcionando como canal para o período de recorrência de 15 anos;

- A obra deve ter capacidade suficiente para comportar a vazão de pico.

OBS.: Os bueiros do Trecho 02 localizados nas estacas 99+17,0m e 114+0,0m (BDTC 1,20m) foram implantados apenas para manter os escoamentos residuais dos braços auxiliares do Rio Taborda nos períodos sem chuva.

4.3.4 Dimensionamento dos Bueiros

Para o dimensionamento dos bueiros, utilizou-se a tabela de dimensionamento de bueiros tubulares funcionando com canal, presente no Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT) na sua página 51 e reproduzida a seguir.

Os seguintes critérios foram utilizados na confecção desta tabela:

- Regime crítico de escoamento;
- Utilização da fórmula de Manning;
- $y/d = 0,72$;
- n (coeficiente de Manning) = 0,015 \Rightarrow tubos de concreto.

Tabela 24 – Bueiros funcionando como canal

TIPO	DIÂMETRO (m)	AREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZAO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSTC	0,60	0,22	0,43	1,98	0,88
BSTC	0,80	0,39	0,88	2,29	0,80
BSTC	1,00	0,60	1,53	2,56	0,74
BSTC	1,20	0,87	2,42	2,80	0,70
BSTC	1,50	1,35	4,22	3,14	0,65
BDTC	1,00	1,20	3,07	2,56	0,74
BDTC	1,20	1,73	4,84	2,80	0,70
BDTC	1,50	2,71	8,45	3,14	0,65
BTTC	1,00	1,81	4,60	2,56	0,74
BTTC	1,20	2,60	7,26	2,80	0,70
BTTC	1,50	4,06	12,67	3,14	0,65

Fonte: Manual de Drenagem do DNIT 2006

Os valores das vazões críticas apresentadas na **tabela 24** devem ser maiores do que as vazões de pico (**Tabela 23**) para cada obra proposta. De acordo com a tabela anterior os bueiros apresentados foram dimensionados corretamente. No caso da Bacia 02, que apresenta obra implantada, apenas será realizado o prolongamento da mesma.

4.3.5 Verificação da capacidade hidráulica do bueiro do Rio Taborda

No projeto da Rota Sul existe um bueiro triplo celular de concreto (BTCC 3,0 m x 3,0 m) localizado no Trecho 01 (duplicação da RN-313) - estaca 180+10,0m, onde sua bacia (Bacia 02) está caracterizada de acordo com a tabela abaixo. Os dados foram retirados do capítulo do Estudo Hidrológico.

Tabela 25–Resumo dos bueiros

Características da Bacia 02			
Descrição	Exutório da Bacia	Vazão (m³/s)	Bueiro
Bacia 02 (Bueiro Existente do Rio Taborda)	Trecho 01 – Estaca 180+10,0m	70,15	BTCC 3,0m x 3,0m

Fonte: Elaborada pelo autor

Para verificar a capacidade hidráulica do bueiro celular, utilizou-se a tabela de dimensionamento de bueiros celulares de concreto funcionando com canal, presente no Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT) na sua página 52 e reproduzida a seguir.

71

Os seguintes critérios foram utilizados na confecção desta tabela:

- Regime crítico de escoamento;
- Utilização da formula de Manning;
- $y/d = 0,72$;
- n (coeficiente de Manning) = 0,015 \Rightarrow tubos de concreto.

Tabela 26–Resumo dos bueiros

TIPO	BASE X ALTURA (mxm)	ÁREA MOLHADA CRÍTICA (m ²)	VAZÃO CRÍTICA (m ³ /s)	VELOCIDADE CRÍTICA (m/s)	DECLIVIDADE CRÍTICA (%)
BSCC	1,0 x 1,0	0,67	1,71	2,56	0,78
BSCC	1,5 x 1,5	1,50	4,70	3,14	0,68
BSCC	2,0 x 1,5	2,00	6,26	3,14	0,56
BSCC	2,0 x 2,0	2,67	9,64	3,62	0,62
BSCC	2,0 x 2,5	3,33	13,48	4,05	0,69
BSCC	2,0 x 3,0	4,00	17,72	4,43	0,76
BSCC	2,5 x 2,5	4,17	16,85	4,05	0,58
BSCC	3,0 x 1,5	3,00	9,40	3,14	0,44
BSCC	3,0 x 2,0	4,00	14,47	3,62	0,47
BSCC	3,0 x 2,5	5,00	20,22	4,05	0,51
BSCC	3,0 x 3,0	6,00	26,58	4,43	0,54
BDCC	2,0 x 1,5	4,00	12,53	3,14	0,56
BDCC	2,0 x 2,0	5,33	19,29	3,62	0,62
BDCC	2,0 x 2,5	6,67	26,96	4,05	0,69
BDCC	2,0 x 3,0	8,00	35,44	4,43	0,76
BDCC	2,5 x 2,5	8,33	33,70	4,05	0,58
BDCC	3,0 x 1,5	6,00	17,79	3,14	0,44
BDCC	3,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,47
BDCC	3,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,51
BDCC	3,0 x 3,0	12,00	53,16	4,43	0,54
BTCC	2,0 x 2,0	8,00	28,93	3,62	0,62
BTCC	2,0 x 2,5	10,00	40,44	4,05	0,69
BTCC	2,5 x 2,5	12,50	50,55	4,05	0,58
BTCC	3,0 x 2,0	12,00	43,40	3,63	0,47
BTCC	3,0 x 2,5	15,00	60,66	4,05	0,51
BTCC	3,0 x 3,0	18,00	79,73	4,43	0,54

Fonte: Manual de Drenagem do DNIT 2006

O valor da vazão crítica apresentada na **tabela 26** para o bueiro triplo 3,0 x 3,0 deve ser maior do que a calculada no estudo hidrológico e apresentada no **gráfico 4**.

O bueiro triplo celular de concreto existente, como provado, apresenta suficiência hidráulica para a bacia em questão, e está implantando há mais de 20 anos, durante este tempo não se tem relatos ou evidências de seu comprometimento, portanto decidiu-se manter a obra, alertando que com a crescente urbanização da região em torno do bueiro, a sua bacia terá de ser reavaliada quanto ao coeficiente de run-off.

4.3.6 Considerações iniciais e dimensionamento da ponte sobre o Rio Taborda

Superado o horizonte do cálculo da vazão de projeto, é preciso dimensionar uma obra hidráulica para que esta possa suportar tal vazão sem que haja comprometimento à vazão do rio, carreamento de materiais proveniente do corpo do aterro ou até mesmo inundação da pista de rolamento do Trecho 02 que intercepta o Rio Taborda.

Devido à elevada vazão encontrada no item “Estudo Hidrológico”, optou-se, neste projeto, por utilizar uma ponte para permitir a vazão do Rio Taborda. O roteiro para dimensionamento de pontes pode ser encontrado no Manual de Drenagem de Rodovias, editado pelo DNIT, em sua página 131 e abaixo aplicado no caso em questão.

Inicialmente devem ser obtidos os seguintes elementos:

- Descarga de projeto, obtida no item “Estudo Hidrológico” e apresentado de forma resumida na tabela abaixo:

Tabela 27–HUT

HUT Composto (25Km ² < A < 2.500Km ²)		
Dados de Entrada		
Área da Bacia (A)	177,60	Km ²
Linha de Fundo (L)	29,00	Km
Diferença de Nível (h)	62	m
Declividade Média da bacia (i)	0,21	%
Nº. Complexo Solo/Veg. (N)	58	
Tempo de Recorrência (Tr)	100	anos
Precipitação Máx. área (Po)	186,50	mm
Tempo de Concentração (Tc)	9,51	horas
Precipitação estendida a área (P)	173	mm
Tempo Unitário (Dt)	1,902	horas
Tempo de Pico (Tp)	6,66	horas
Tempo de Recessão (Tr)	11,12	horas
Tempo de Base (Tb)	17,78	horas
Vazão de Pico (qp)	5,546	m ³ /s/mm
Descarga (vazão) de projeto	249,25	m³/s

Fonte: Elaborada pelo autor

- Declividade do leito do rio, ou seu gradiente, determinada entre dois pontos distantes no mínimo de 200m, sendo um à montante outro à jusante do eixo do leito do rio do qual devem distar 100m cada um.

• A partir de levantamentos topográficos realizados no eixo do Rio Taborda constatou-se que a declividade do seu leito no cruzamento com o Trecho 02 a ser construído é:

$$S = 0,008 \text{ m/m}$$

• Fixação do coeficiente de Manning a adotar para o curso d'água. O coeficiente de Manning pode ser visualizado na tabela a seguir, extraída do Manual de Drenagem de Rodovias.

Tabela 28–Coeficiente de Manning

Valores dos coeficientes de rugosidade "n" para cursos d'água natural Arroios Maiores Largura à superfície no estágio de inundação maior que 30,00 m	
Seção regular sem matações ou arbustos	0,025 – 0,060
Seção irregular e não trabalhada	0,035 – 0,100

Fonte: Elaborada pelo autor

74

Neste projeto foi adotado $n = 0,0035$, o que corresponde ao mínimo das seções irregulares.

Definidos os parâmetros necessários, o dimensionamento de uma ponte é dado a partir da fórmula de Manning, expressada a seguir:

$$Q_{\text{Manning}} = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (9)$$

Onde:

Q_{Manning} = Vazão da fórmula de Manning (m^3/s);

A = Área da seção molhada (m^2);

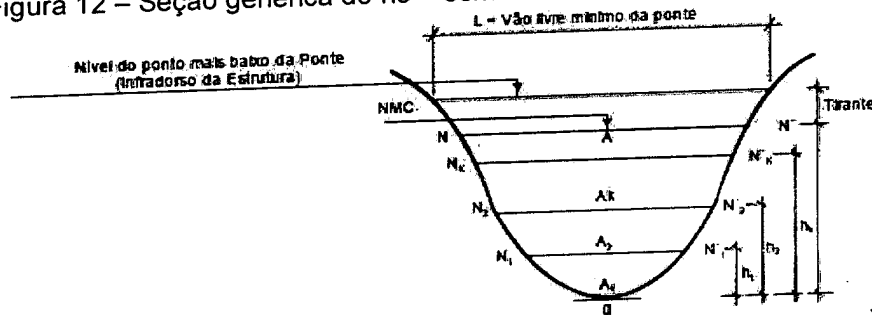
R_h = Raio hidráulico (m);

S = declividade do rio;

n = Coeficiente de Manning, (tabela 28), depende do tipo de material que constitui o dispositivo de drenagem.

A rigor a área da seção molhada e o raio hidráulico dependem da seção do rio no local de implantação da ponte, assim como mostrado na figura 12.

Figura 12 – Seção genérica do rio – sem escala

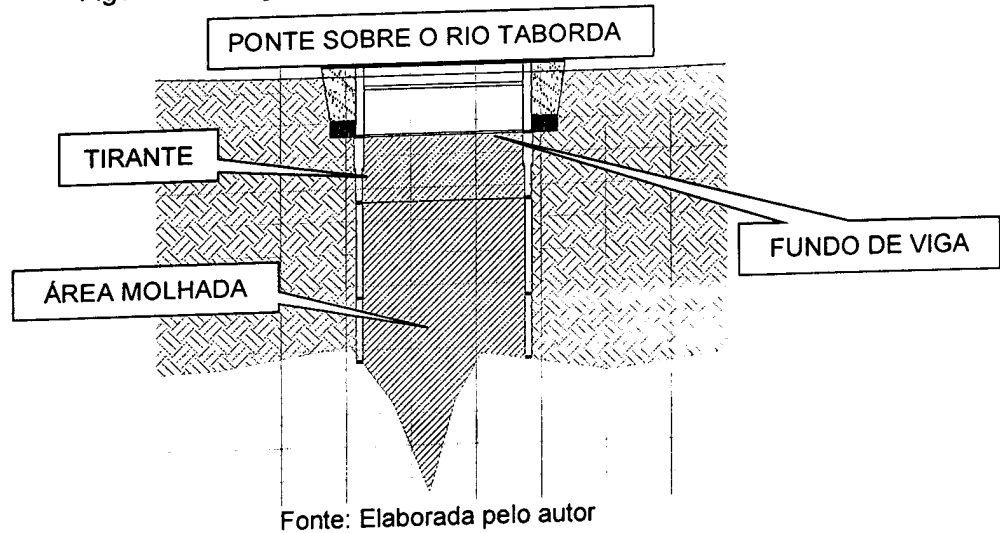


Fonte: Manual de Drenagem do DNIT 2006

Porém para efeito de dimensionamento, a área e conseqüentemente o raio hidráulico serão calculados a partir de uma área retangular medida com uma linha imaginária do ponto mais alto que os pilares da ponte tocam o terreno à 2,5 (dois e meio) metros de altura, como mostrado a seguir.

75

Figura 13 – seção genérica de escoamento – sem escala



Fonte: Elaborada pelo autor

A partir da equação (9) é possível isolar os elementos que dependem da área de escoamento. Rearmando a equação, pode-se escrever que:

$$A R_h^{2/3} = \frac{Q n}{S^{1/2}} \quad (10)$$

Os valores de Q, n e S, são conhecidos e valem respectivamente, $Q = 249,25$ m³/s, $n = 0,035$, $S = 0,008$ m/m.

Sendo assim:

$$A R_h^{2/3} = 97,53$$

O dispositivo de drenagem (ponte) deverá possuir características geométricas que no mínimo $A R_h^{2/3}$ seja maior ou igual a 97,53.

4.3.7 Determinação do vão da Ponte

Tendo em vista a calha do Rio Taborda, foi adotado um vão de Ponte de 25m, para não haver o comprometimento do leito do rio, com o corpo do aterro das cabeceiras da ponte.

Fazendo variar a altura da área vermelha da figura 13 tem-se o seguinte comportamento para a relação: $A R_h^{2/3}$. 76

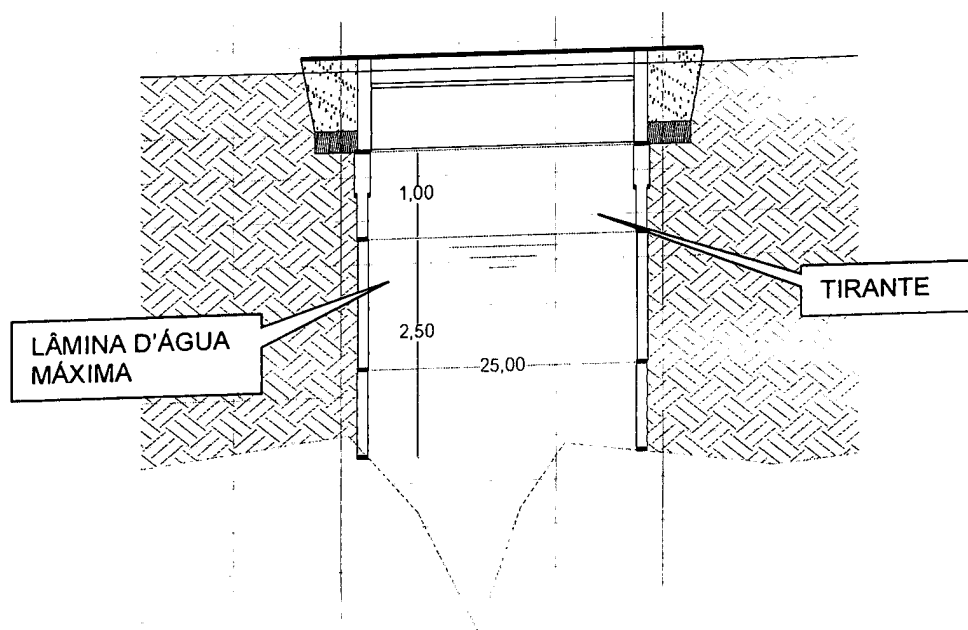
Tabela 29 – Comportamento do $AR^{2/3}$

Comportamento do $AR^{2/3}$				
h (m)	Área (m ²)	Perímetro (m)	Raio Hidrául. (m)	$AR^{2/3}$
1,5	37,50	28,00	1,34	45,58
2,0	50,00	29,00	1,72	71,78
2,5	62,50	30,00	2,08	101,84
3,0	75,00	31,00	2,42	135,19
3,5	87,50	32,00	2,73	170,92

Analisando a tabela 29, constata-se que é necessária uma altura de apenas dois metros e meio, medido do ponto mais alto do terreno ao fundo da viga. Sendo assim, foi dada uma revanche de 1,00 m (tirante da figura 14) fazendo com que a altura medida no ponto mais alto da seção ao fundo da viga passasse a 3,50 m.

O exposto acima pode ser melhor visualizado na figura a seguir:

Figura 14 – seção de escoamento do Rio Taborda – sem escala



Fonte: Elaborada pelo autor

77

Utilizando a altura de 2,50 m as seguintes características para a seção de escoamento são observadas:

Tabela 30– Comportamento da seção transversal da ponte

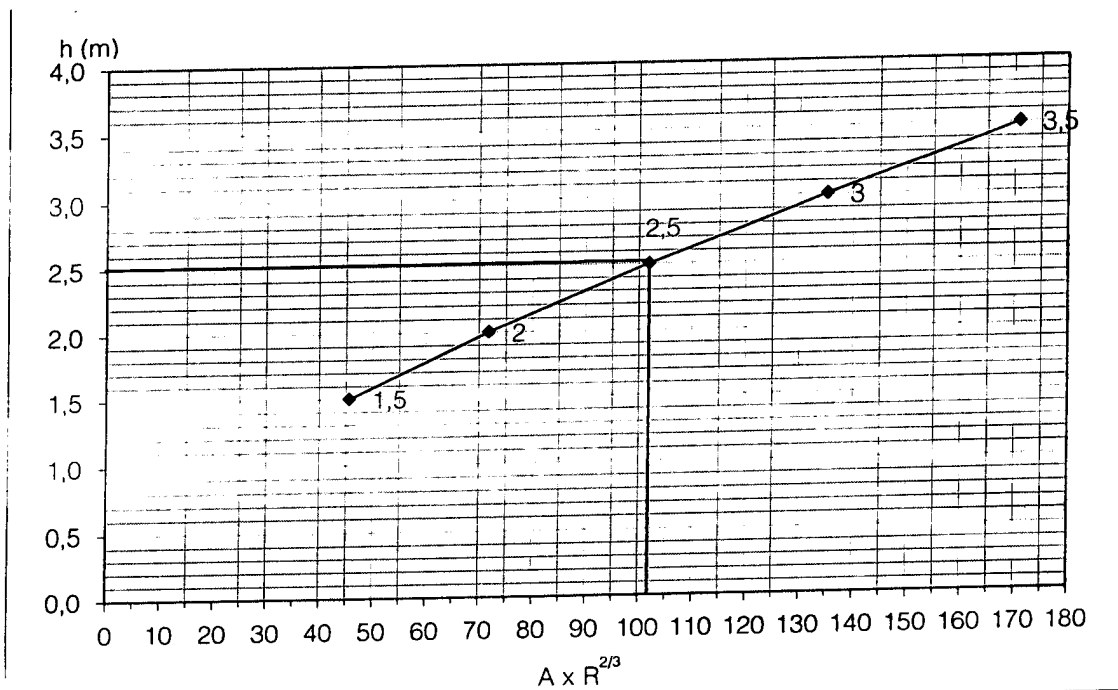
h	Área (m ²)	Perímetro (m)	Raio Hidrául. (m)	Veloc. (m/s)	Vazão (m ³ /s)	AR ^{2/3}	Q _{max} xn/I ^{1/2}
2,50	62,50	30,00	2,08	4,16	260,26	101,84	97,53

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela 30 mostra que a ponte dimensionada apresenta vazão hidráulica suficiente para comportar a vazão do Rio Taborda, onde $AR^{2/3} > Q_{max} \times n / I^{1/2}$.

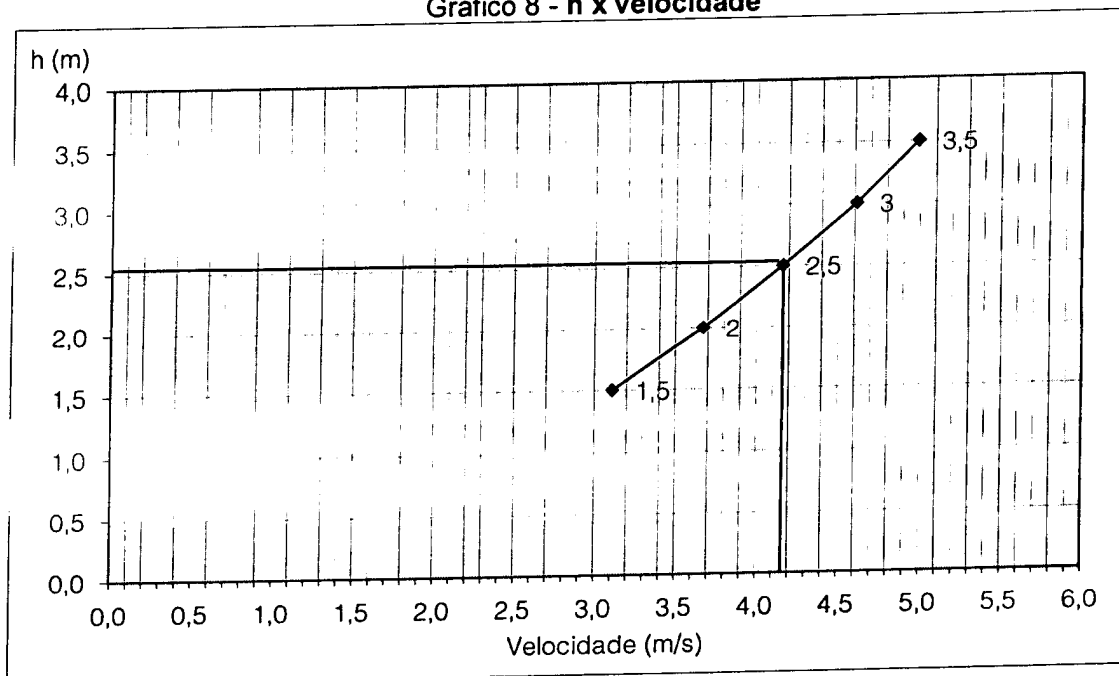
Plotando as informações obtidas nos gráficos $h \times A Rh^{2/3}$ e $h \times$ velocidade.

Gráfico 7 - $h \times A R^{2/3}$



Fonte: Elaborada pelo autor

Gráfico 8 - $h \times \text{velocidade}$



Fonte: Elaborada pelo autor

4.3.8 Considerações finais da ponte

A ponte com 25,0 m de vão tem capacidade de escoar a vazão oriunda do Rio Taborda para um tempo de recorrência de 100 anos com o CN = 58. Estas informações ficam melhor representadas na tabela Resumo apresentada abaixo:

Tabela 31 – Resumo do dispositivo de drenagem

Resumo do dispositivo de drenagem		
Vazão do curso d'água (Q)	249,25	m ³ /s
Vão da Ponte (L)	25,00	m
Lâmina d'água máxima (h)	2,50	m
Revanche ou Tirante	0,50	m
Perímetro Molhado (P)	30,00	m
Área Molhada (A)	62,50	m ²
Raio Hidráulico (R _h)	2,08	m
Coefficiente Manning (n)	0,035	adm
Declividade Média do Rio (i)	0,008	m/m
Velocidade de Escoamento (V)	4,16	m/s
Vazão Encontrada (Q_e)	260,26	m³/s

Fonte: Elaborada pelo autor

79

4.3.9 Dimensionamento das Galerias

Foram projetadas galerias, nas áreas com maior densidade de urbanização (Trecho 01), pela impossibilidade de se retirar da calha da via os volumes advindos das precipitações pluviométricas. Essa solução promoverá o encaminhamento e a destinação final das águas dessas precipitações, evitando o alagamento da via e mantendo-a em condições de uso.

Foi estabelecido o conceito das águas pluviais escoarem pela linha d'água das vias (sarjetas) até seu limite de capacidade de transporte. Uma vez atingido este limite, as águas serão coletadas através de "bocas de lobo" e destas encaminhadas para as galerias com diâmetro de Ø600 mm e Ø800 mm.

Os tubos das galerias foram dimensionados pela fórmula de Manning, expressada abaixo:

$$Q_{manning} = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (9)$$

Onde:

Q_{Manning} = Vazão da fórmula de Manning (m^3/s);

A = Área da seção molhada (m^2);

R_h = Raio hidráulico (m);

S = declividade do trecho de galeria;

Os seguintes critérios foram estabelecidos:

$y/d = 0,80$;

$n = 0,013 \Rightarrow$ Concreto não alisado.

Como resultado do dimensionamento das galerias é possível afirmar que:

Para GALERIA 1:

- Os quatro primeiros trechos da galeria foram dimensionados para \varnothing 800 mm;
- O restante da galeria foi dimensionada para \varnothing 600 mm;
- O início da galeria será interligado ao bueiro existente (que será prolongado) do Trecho 01 na estaca 32+9,0m

Para GALERIA 2:

- A galeria foi dimensionada para \varnothing 600 mm;

Abaixo segue o quadro resumo do dimensionamento.

Tabela 32 – Resumo das Galerias

RESUMO DAS GALERIAS							
Galeria	Trecho	Extensão (m)	Descarga de projeto (m^3/s)	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)	Velocidade real (m/s)	y/D
Galeria 01	Trecho 20	50,00	0,045	0,0050	0,6	0,99	0,22
	Trecho 19	50,00	0,090	0,0050	0,6	1,21	0,31
	Trecho 18	50,00	0,137	0,0092	0,6	1,70	0,33
	Trecho 17	50,00	0,184	0,0120	0,6	2,03	0,36
	Trecho 16	50,00	0,231	0,0120	0,6	2,16	0,40
	Trecho 15	50,00	0,278	0,0190	0,6	2,68	0,39
	Trecho 14	50,00	0,325	0,0071	0,6	1,93	0,57
	Trecho 13	50,00	0,372	0,0062	0,6	1,89	0,66

RESUMO DAS GALERIAS							
Galeria	Trecho	Extensão (m)	Descarga de projeto (m³/s)	Declividade (m/m)	Diâmetro (m)	Velocidade real (m/s)	y/D
Galeria 01	Trecho 12	50,00	0,419	0,0073	0,6	2,06	0,68
	Trecho 11	50,00	0,466	0,0061	0,6	1,93	0,80
	Trecho 10	50,00	0,513	0,0065	0,6	1,74	0,49
	Trecho 9	50,00	0,560	0,0151	0,6	2,92	0,64
	Trecho 8	50,00	0,607	0,0166	0,6	3,08	0,66
	Trecho 7	50,00	0,654	0,0166	0,6	3,13	0,69
	Trecho 6	50,00	0,701	0,0166	0,6	3,16	0,73
	Trecho 5	50,00	0,748	0,0166	0,6	3,18	0,78
	Trecho 4	50,00	0,795	0,0099	0,8	2,74	0,56
	Trecho 3	50,00	0,842	0,0061	0,8	2,29	0,69
	Trecho 2	50,00	0,889	0,0050	0,8	2,12	0,78
	Trecho 1	44,50	0,899	0,0050	0,8	2,12	0,79
Galeria 02	Trecho 29	50,00	0,048	0,0050	0,6	1,01	0,23
	Trecho 28	50,00	0,096	0,0050	0,6	1,23	0,32
	Trecho 27	50,00	0,144	0,0050	0,6	1,38	0,40
	Trecho 26	50,00	0,192	0,0050	0,6	1,49	0,47
	Trecho 25	50,00	0,240	0,0131	0,6	2,25	0,40
	Trecho 24	50,00	0,288	0,0400	0,6	3,55	0,33
	Trecho 23	46,00	0,336	0,0400	0,6	3,71	0,36
	Trecho 22	44,00	0,384	0,0250	0,6	3,23	0,44
Trecho 21	20,00	0,432	0,0250	0,6	3,33	0,47	

Fonte: Elaborada pelo Autor

81

4.3.10 Apresentação

O projeto de drenagem é apresentado neste volume e no volume 2 – Projeto de Execução.

4.4 Projeto de Pavimentação

4.4.1 Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo o estudo de tráfego e o dimensionamento das camadas do pavimento da Rota Sul, de forma que atenda a necessidade local com critérios técnicos, econômicos e ambientais aplicados a essa área da engenharia, através da coleta de informações acerca da composição do tráfego de veículos que irá circular na Rodovia.

4.4.2 Hipótese de Cálculo

O Método adotado neste estudo será o do DNER, de autoria do Eng. Murilo Lopes de Souza, método este apresentado na página 142 do Manual de Pavimentação 2006, editado pelo DNIT.

O dimensionamento (pelo método do Eng. Murilo Lopes de Souza) de um pavimento flexível é baseado em duas premissas, o estudo do tráfego e as características do subleito onde este pavimento irá apoiar-se. 82

O Tráfego é dimensionado em função do número equivalente de operações do eixo padrão durante o período de projeto da rodovia. Esse resultado, conhecido como número N, corresponde à quantidade de repetições equivalentes de um eixo simples tomado como padrão, e de carga igual a 8,2 toneladas ou 18000 libras. Na prática isto corresponde a se transformar todos os eixos trafegados na rodovia, durante todo seu período de vida útil, em eixos equivalentes a um eixo padrão e de carga predefinida.

As características do subleito são avaliadas por ensaios de laboratório com destaque para os ensaios de CBR, compactação, granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade.

4.4.3 Determinação do número N para o sistema viário

O número N é calculado pela expressão:

$$N = V_t \times FV \times FR \quad (11)$$

Onde:

V_t = o volume total de tráfego em um sentido, durante o período de projeto, calculado pela fórmula:

$$V_t = \frac{365 \times V_1 \times \left[\left(1 + \frac{t}{100} \right)^P - 1 \right]}{\left(\frac{t}{100} \right)} \quad (12)$$

Onde:

P = o período de projeto em anos;

V_1 = é o volume médio diário de tráfego num sentido, no ano da inauguração do pavimento;

t = é a taxa de crescimento anual.

FV = o Fator de Veículos, isto é, um número que multiplicado pelo número de veículos que operam na rodovia, dá o número equivalente de eixo padrão. FV é calculado pela expressão:

$$FV = FE \times FC \quad (13)$$

Onde:

(FE) = Fator de Eixos;

(FC) = Fator de Carga;

(FR) = Fator Climático Regional, isto é, um número que leva em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, o que se traduz em variações de capacidade de suporte destes materiais.

Este estudo adotou o valor (F.R.) = 1, tal como relatado no Manual de Pavimentação 2006, em sua página 146, editado pelo DNIT.

Apresentadas as expressões para cálculo do número N, podemos seguir o passo a passo para chegar ao seu valor.

Passo 01 – Realizar a contagem de tráfego em campo para determinação do V_1 . Neste caso não houve contagem de tráfego, o que ocorreu foi uma estimativa de tráfego, apresentada a seguir:




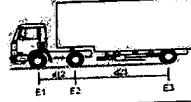
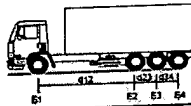
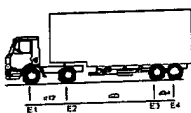
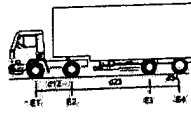
Tabela 33 – Volume de Tráfego

Volume de tráfego	
Categoria do Veículo	Quantidade estimada diária (und)
Passeio	3000
2C	20
3C	25
2S1	25
4C	20
2S2	20
2I2	45
Total (V_1)	3155

Fonte: Elaborada pelo autor

As categorias dos veículos serão apresentadas a seguir:

Tabela 34 – Conjunto de eixos dos veículos
Conjunto de eixos dos veículos

Categoria do Veículo	Quantidade estimada diária (und)
Passeio	
2C	
3C	
2S1	
4C	
2S2	
2I2	

Fonte: Elaborada pelo autor

Passo 02 - Considerar um período de anos (P), para que o pavimento trabalhe em condições normais sem que haja danos ao mesmo, com uma taxa de crescimento do tráfego (t). Neste caso foram adotados **P=15 anos** e **t=4%** para determinação do V_t pelo crescimento geométrico segundo a expressão (12). Substituindo os valores de V_1 (tabela 32), P e t na expressão (12) teremos:

$$V_t = 23.058.663 \text{ veículos}$$

Passo 03 – Determinação do FE.

O fator de eixos é calculado pela soma da multiplicação do conjunto de eixos (n) de cada grupo de veículo vezes sua quantidade estimada diária. Esta soma deve ser dividida pelo valor de V₁. O valor do fator de eixos é apresentado na expressão:

$$FE = \frac{(n_{2c} \times \text{quantidade diária}_{2c}) + \dots + (n_x \times \text{quantidade diária}_x)}{V_1} \quad (14)$$

Onde:

n = número de conjunto de eixos;

Quantidade diária apresentada na tabela 32.

86

Aplicando a equação (14) teremos o valor de FE igual a:

$$FE = 2,03 \text{ eixos}$$

Passo 04 – Determinação do FC.

O fator de carga é calculado pela soma da equivalência de eixos dividido pela soma das quantidades de conjunto de eixos.

Cada conjunto de eixo tem uma equivalência com o eixo padrão (8,2 toneladas). Esta equivalência depende do peso e do tipo do eixo (conjunto de eixos). Os conjuntos de eixos e seus limites máximos são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 35 – Carga máxima por eixo

Carga máxima por eixo	
Tipo do Eixo	Carga Máxima (t)
Passeio	1
ESRS	6
ESRD	10
ETD	17
ETT	22,5

Fonte: Elaborada pelo autor

Onde:

ESRS = Eixo simples roda simples;

ESRD = Eixo simples roda dupla;

Projeto Executivo

Projeto Executivo de Engenharia
para Implantação da Rota Sul

ETD = Eixo Tandem duplo;
ETT = Eixo Tandem triplo.

De acordo com a tabela 34, os tipos de veículos utilizados têm as seguintes características.

Tabela 36 – Características dos veículos

Características dos veículos		
Categoria do Veículo	Conjunto de eixos	Número de Conjunto de eixos (n)
Passeio	2 eixos de veículo de passeio	2
2C	1 ESRS ; 1 ESRD	2
3C	1 ESRS ; 1 ETD	2
2S1	3 ESRS	3
4C	1 ESRS; 1ETT	2
2S2	2 ESRS; 1 ETD	3
2I2	4 ESRS	4

Fonte: Elaborada pelo autor

Cada conjunto de eixo tem seu fator de equivalência expressado na tabela abaixo.

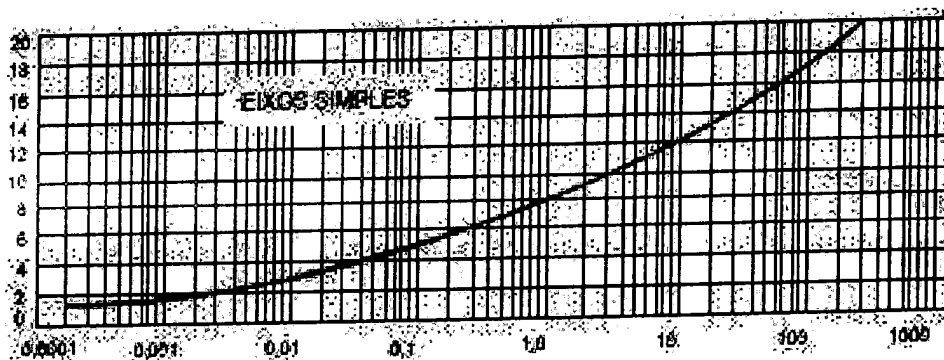
Tabela 37 – Fator equivalente por eixo

Fator de equivalência por eixo		
Tipo do Eixo	Carga Máxima (t)	Fator de equivalência
Passeio	1	0,0005
ESRS	6	0,278
ESRD	10	3,289
ETD	17	8,549
ETT	22,5	9,300

Fonte: Elaborada pelo autor

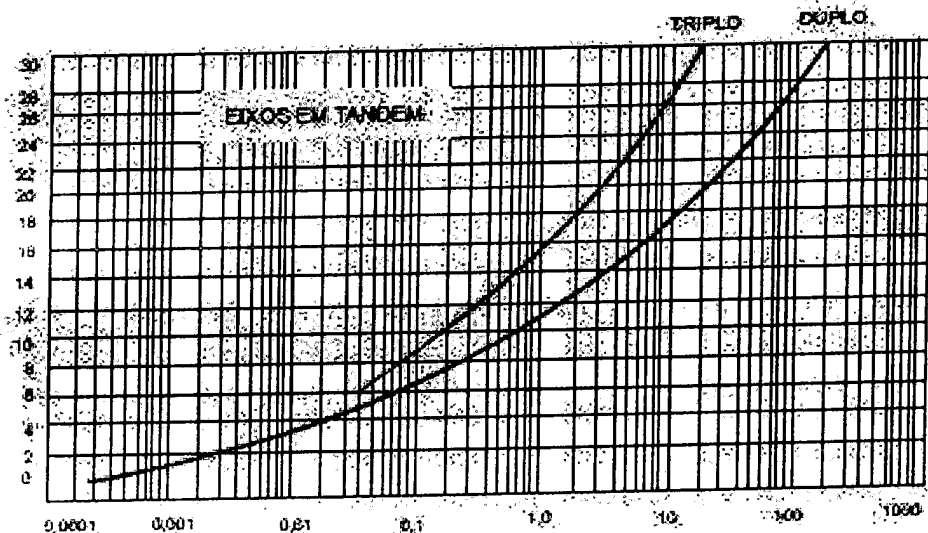
Os fatores de equivalência são apresentados no manual de pavimentação do DNIT, na página 144, e ilustrados nos gráficos a seguir:

Gráfico 9 – Eixo Simples



Fonte: Manual de pavimentação. 3ed3 – Rio de Janeiro. 2006.

Gráfico 10 – Eixo Tandem



Fonte: Manual de pavimentação. 3ed3 – Rio de Janeiro. 2006.

Com o que foi apresentado, podemos escrever a expressão do FC com o:

$$FC = \frac{[(Quant. diária_{eixo de veic. de passeio} \times Fator_{veic. de passeio}) + (Quant. diária_{ETT} \times Fator_{ETT})]}{\sum n} \quad (15)$$

Sendo assim no projeto em questão teremos:

$$FC = 0,21$$

Passo 05 – Determinação do FV.

Utilizando a expressão (13), com os valores obtidos nos passos 03 e 04 determinaremos o Fator de Veículo:

$$FV = 0,43$$

Passo 06 – Determinação do número N.

Utilizando a expressão (11), com os valores obtidos nos passos 02 e 05 e considerando $FR=1$ determinaremos o valor do número N:

89

$$\text{Tráfego Meio Pesado} \Rightarrow N = 9,98 \times 10^6$$

4.4.4 Determinação do número N para a ciclovia

Por se tratar de um pavimento de uso único e exclusivo para bicicletas, foi determinado um número "N" de acordo com **IP-02 – Classificação das vias da Prefeitura Municipal de São Paulo**, documento que apresenta as diretrizes para a classificação de vias em função do tráfego, da geometria e do uso do solo de vias urbanas. Então classificou-se a ciclovia como tráfego **Leve**.

Tráfego leve: Ruas de características essencialmente residenciais, para as quais não é previsto o tráfego de ônibus, podendo existir ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia, por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de 10^5 solicitações do eixo simples padrão (80 kN) para o período de projeto de 10 anos.

Tabela 38 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego

Classificação das vias e parâmetros de tráfego							
Função	Tráfego previsto	Vida de projeto (anos)	Volume inicial		Equiv. /eixo	N	N Característico
			Veículo leve	Caminhão /ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	2,70 x 10 ⁴ a 1,40 x 10 ⁵	10 ⁵

Fonte: IP-02 – Classificação das vias da Prefeitura Municipal de São Paulo

Para a ciclovia da Rota Sul, foi adotado o seguinte número “N”:

$$\text{Tráfego leve} \Rightarrow N = 1,07 \times 10^5$$

Depois de terem sido definidos o número N para o sistema viário e para a ciclovia, o próximo passo é a determinação das espessuras das camadas do pavimento de acordo com o método de dimensionamento do engenheiro Murilo Lopes de Souza, que leva em consideração além do número N, o CBR da camada do subleito onde o pavimento irá se apoiar.

90

4.4.5 Determinação do CBR do subleito

Depois de calculado o número N, o segundo passo é analisar as condições relatadas pelo DNIT para os materiais a serem utilizados nas estruturas do pavimento.

Segundo o manual de pavimentação do DNIT em sua página 142, os materiais devem seguir as seguintes premissas:

- Materiais para reforço do subleito, os que apresentam CBR maior que o do subleito e expansão < 1 % (medida com sobrecarga de 10 lb);
- Materiais para sub-base, os que apresentam CBR ≥ 20% I.G. = 0 e expansão < 1 % (medida com sobrecarga de 10 lb);
- Materiais para base, os que apresentam CBR ≥ 80% e expansão < 0,5% (medida com sobrecarga de 10 lb), limite de liquidez ≤ 25% e índice de plasticidade ≤ 6%.

OBS.: Caso o limite de liquidez seja superior a 25% e/ou índice de plasticidade seja superior a 6%, o material pode ser empregado em base (satisfeita as demais condições), desde que o equivalente de areia seja superior a 30.

Os materiais para base granular devem se enquadrar numa das seguintes faixas granulométricas, apresentadas abaixo:

Tabela 39 – Faixas Granulométricas adotadas pelo DNIT

Tipos Peneiras	I			II		
	A	B	C	D	E	F
		(%	em peso	passando)		
2"	100	100	-	-	-	-
1"	-	75-90	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
No. 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
No. 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
No. 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
No. 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25

Fonte: DNIT 140/2010 – ES

A fração que passa na peneira 200 deve ser inferior a 2/3 da fração que passa na no. 40. A fração graúda deve apresentar um desgaste Los Angeles inferior a 50.

O CBR utilizado no dimensionamento foi obtido através dos valores das tabelas 1 e 2 utilizando-se de análise estatística. Este tipo de procedimento é apresentado no Manual de Pavimentação do DNIT e no IP-01 – Instruções Geotécnicas da Prefeitura Municipal de São Paulo/SP.

Chamando X1, X2, X3, ..., X15, os valores individuais dos furos apresentados, pelo IP-01 – Instruções Geotécnicas da Prefeitura Municipal de São Paulo/SP, tem-se:

$$CBR_{Projeto} = X_{med} - \frac{S \times t_{0,90}}{\sqrt{n}} \quad (16) \quad S = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{med})^2}{n-1}} \quad (17)$$

Para o Manual de Pavimentação do DNIT, em sua página 129, tem-se

$$CBR_{Projeto} = X_{med} - \frac{S \times 1,29}{\sqrt{n}} \quad (18) \quad S = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{med})^2}{n-1}} \quad (19)$$

Onde:

$CBR_{projeto}$ = CBR utilizado no dimensionamento.

X = Valor individual da amostra

$X_{média}$ = Média aritmética das amostras

n = Número de amostra

S = Desvio padrão das amostras

O $t_{0,90}$ é encontrado a partir da tabela mostrada a seguir:

Tabela 40 – Valores de t_{90}

n-1	$t_{0,90}$	n-1	$t_{0,90}$	n-1	$t_{0,90}$	n-1	$t_{0,90}$
1	3,08	11	1,36	21	1,32	40	1,30
2	1,89	12	1,36	22	1,32	60	1,30
3	1,64	13	1,35	23	1,32	120	1,29
4	1,53	14	1,34	24	1,32	∞	1,28
5	1,48	15	1,34	25	1,32		
6	1,44	16	1,34	26	1,32		
7	1,42	17	1,33	27	1,31		
8	1,40	18	1,33	28	1,31		
9	1,38	19	1,33	29	1,31		
10	1,37	20	1,32	30	1,31		

onde: n = n° de amostras

Fonte: IP-01 – Instruções Geotécnicas - PMSP

92

Aplicando as equações 16, 17, 18 e 19 os seguintes resultados são encontrados.

$X_{média}$ = 24,01

n = 26

S = 4,67

O $t_{0,90}$ = 1,32

De acordo com o IP-01 – Instruções Geotécnicas da Prefeitura Municipal de São Paulo/SP:

Para o Trecho 1: $CBR_{projeto}$ = 22,80%

Para o Trecho 2: $CBR_{projeto}$ = 24,21%

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT:

Para o Trecho 1: $CBR_{projeto}$ = 19,65%

Para o Trecho 2: $CBR_{projeto} = 19,47\%$

Para o presente caso, foi considerado o CBR do Manual de Pavimentação do DNIT para os Trechos 01 e 02 da Rota Sul:

Trecho 01: $CBR_{projeto} = 19,65\%$

Trecho 02: $CBR_{projeto} = 19,47\%$

4.4.6 Dimensionamento das Camadas do Pavimento da Pista de Rolamento

O dimensionamento de um Pavimento Flexível, pelo método do DNER, é baseado em duas variáveis, são elas:

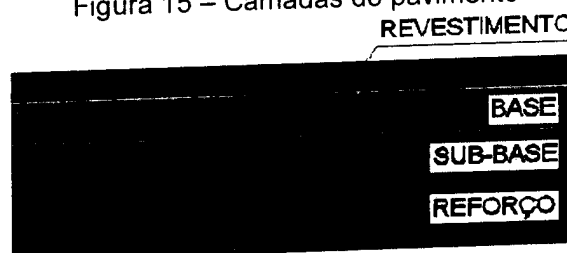
- $N = 9,98 \times 10^6$ – Calculado com base na contagem volumétrica de veículos que foi estimada;

- $CBR = 19,65\%$ (Trecho 01) e $19,47\%$ (Trecho 02) - Encontrados com base nos ensaios realizados no Trecho 1 e no Trecho 2 da Rota Sul, e posteriormente tendo sido feito o tratamento estatístico desses valores.

A estrutura de um pavimento flexível é dividida em quatro camadas (apresentadas esquematicamente a seguir) são elas:

- Reforço do subleito
- Sub-base
- Base
- Revestimento

Figura 15 – Camadas do pavimento



Fonte: Elaborada pelo autor

Para determinar as espessuras das camadas do pavimento é preciso saber qual tipo de revestimento e optar pelo material utilizado nas camadas suporte do

pavimento (base, sub-base e reforço do subleito). O tipo de revestimento é determinado pela tabela a seguir.

Tabela 41 – Espessura mínima de Revestimento Betuminoso

Espessura Mínima de Revestimentos Betuminosos	
N	Espessura Mínima de Revestimentos Betuminosos
$N \leq 10^6$	Tratamentos Superficiais Betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos Betuminosos com 5,0 cm de Espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto Betuminosos com 7,5 cm de Espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto Betuminosos com 10,0 cm de Espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto Betuminosos com 12,5 cm de Espessura

Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT 2006

Para este caso, como $N = 9,98 \times 10^6 \Rightarrow$ Concreto Betuminosos com 7,5 cm de Espessura.

Uma vez determinado o revestimento e escolhido o tipo de material usado nas camadas suporte, o segundo passo para determinar as espessuras das camadas do pavimento é a determinação dos chamados Coeficientes de Equivalência Estrutural, cada camada tem seu próprio coeficiente, seus valores podem ser encontrados na tabela a seguir:

94

Tabela 42 – Coeficiente de Equivalência Estrutural

Coeficiente de Equivalência Estrutural	
Base ou Revestimento de Concreto Betuminoso	2,00
Base ou Revestimento Pré-misturado a Quente, de Graduação Densa	1,70
Base ou Revestimento Pré-misturado a Frio, de Graduação Densa	1,40
Base ou Revestimento Betuminoso por Penetração	1,20
Camadas Granulares (Base e Revestimento)	1,00
Camadas Granulares (Sub-Base)	0,77
Solo Cimento com Resistência à Compressão a 7 dias, entre a 45 e 28 kg/cm	1,40
Solo Cimento com Resistência à Compressão a 7 dias, entre a 28 e 21 kg/cm	1,20

Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT 2006

O manual de pavimentação 2006, editado pelo DNIT, em sua página 142, diz que: os materiais do subleito devem possuir $CBR \geq 2 \%$ e expansão $< 2 \%$ para que seja dispensado o reforço nesta camada.

Sendo assim de acordo com os ensaios realizados in loco, os resultados do CBR e da expansão para cada um dos trechos são:

Para o Trecho 01:

- CBR = 19,65%
- Expansão = Varia de valores de 0% até 0,07%

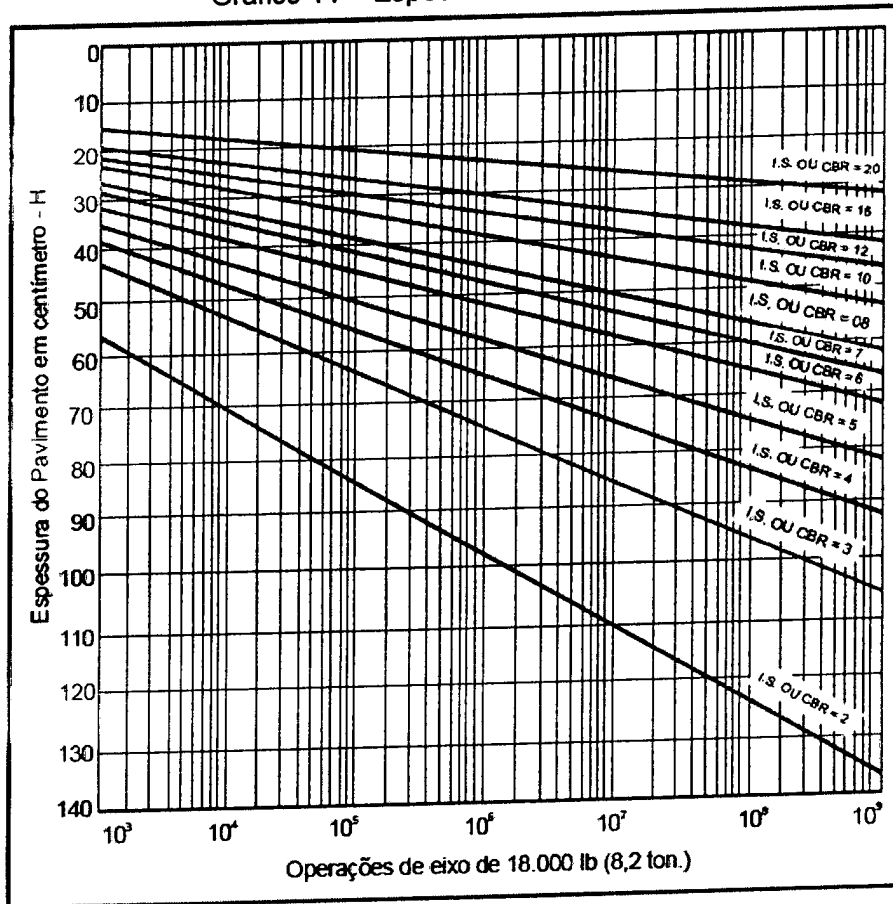
Para o Trecho 2:

- CBR = 19,47%
- Expansão = Varia de valores de 0% até 1,48%

Desta forma podemos concluir que o reforço do subleito é dispensável assim como a determinação do seu coeficiente de equivalência estrutural.

95

Gráfico 11 – Espessura do Pavimento–



Fonte: Manual de Pavimentação do DNIT 2006

Realizando a leitura do gráfico os seguintes valores foram encontrados.

Para o Trecho 1:

$$N = 9,98 \times 10^6 \Rightarrow \text{CBR} = 19,65\% \Rightarrow H_n = 28,46 \text{ cm}$$

$$N = 9,98 \times 10^6 \Rightarrow \text{CBR} = 20\% \Rightarrow H_{20} = 28,16 \text{ cm}$$

Para o Trecho 2:

$$N = 9,98 \times 10^6 \Rightarrow \text{CBR} = 19,47\% \Rightarrow H_n = 28,61 \text{ cm}$$

$$N = 9,98 \times 10^6 \Rightarrow \text{CBR} = 20\% \Rightarrow H_{20} = 28,16 \text{ cm}$$

Com os coeficientes de equivalência estrutural determinados, e os dados retirados do ábaco, o último passo é calcular as espessuras das camadas do pavimento através das inequações abaixo:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (20)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_s \geq H_n \quad (21)$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{Ref} \geq H_m \quad (22)$$

Onde:

R = Altura da camada do Revestimento;

B = Altura da camada da Base;

h₂₀ = Altura da camada da sub-base;

h_n = Altura da camada do reforço de subleito, igual a zero neste projeto;

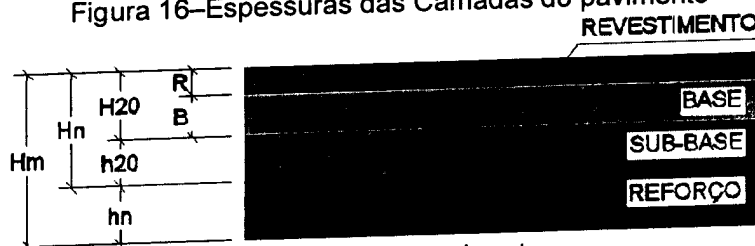
H_m = Espessura total do pavimento que depende de N e do CBR (Calculado anteriormente);

H_n = Espessura total do pavimento menos a espessura da camada de reforço do subleito;

H₂₀ = espessura da camada de base + revestimento, para este caso, o manual de pavimentação 2006 recomenda em sua página 147 que se utilize um CBR = 20 % e número N calculado.

A figura esquemática abaixo exemplifica cada dimensão citada.

Figura 16–Espessuras das Camadas do pavimento



Fonte: Elaborada pelo autor

Pelo fato do CBR do Trecho 01 (19,65%) e do Trecho 02 (19,47%) terem valores praticamente iguais, o dimensionamento do pavimento será o mesmo para os dois trechos.

O revestimento do pavimento será em Concreto Betuminoso com 7,50 cm de Espessura, obtido pela **Tabela 39**, de acordo com o volume de tráfego. Sendo assim:

$$R = 7,50 \text{ cm}$$

$$\text{Onde: CBUQ (Capa)} = 3,50 \text{ cm e CBUQ (Binder)} = 4,0 \text{ cm}$$

Assim com os valores R, H20, KR e KB, é possível aplicar a inequação (1) e obter o valor da espessura B. Valor este apresentado abaixo:

$$B = 13,16 \text{ cm}$$

Como foi dispensada a camada de sub-base, foi considerada uma única camada de base a ser executada com materiais mais nobres (do que uma camada de sub-base). Então foi estudada uma opção com o intuito de economizar dinheiro na implantação da obra: uma proposta de mistura de solo e brita. Para compor essa mistura, foi estudada uma jazida localizada para empréstimo (no Trecho 01 da presente obra, próxima da estaca 488+0 – lado esquerdo), que misturada à brita oriunda da Pedreira Potiguar, resultará na mistura Solo-Brita utilizada em todos os 16,72 km de extensão da ROTA SUL. Então a dimensão da camada de base adotada será:

$$B = 20,00 \text{ cm}$$

Desta forma com os valores R, B, H20, KR, KB e Ks é possível aplicar a inequação (2) e obter o valor da espessura h20. Valor este apresentado abaixo:

$$h_{20} = -10,50 \text{ cm}$$

Sendo assim:

$$h_{20} = \text{Dispensada}$$

Ao final do dimensionamento, as espessuras das camadas do pavimento terão a seguinte configuração:

- Revestimento $\Rightarrow R = 7,50 \text{ cm} \Rightarrow \text{CBUQ} \Rightarrow$
(3,50 cm de Capa e 4,0 cm de Binder);
- Base $\Rightarrow B = 20,0 \text{ cm} \Rightarrow$ Solo Brita com $\text{CBR} \geq 80 \%$;
- Sub-base $\Rightarrow h20 \Rightarrow$ Dispensada
- Reforço do Subleito $\Rightarrow hn \Rightarrow$ Dispensado

4.4.7 Dimensionamento das Camadas do Pavimento da Ciclovia

Para dimensionar o pavimento da ciclovia foi utilizado o mesmo procedimento feito acima, no dimensionamento das camadas do pavimento da pista de rolamento, onde estarão trafegando os veículos automotores. Então aqui será apresentado um resumo do número N, do CBR e dos valores calculados para as camadas do pavimento da ciclovia.

- $N = 1,07 \times 10^5$ – Adotado;
- $\text{CBR} = 19,65\%$ (Trecho 1) e $19,47\%$ (Trecho 2) - Encontrado com base

nos ensaios realizados no Trecho 01 e no Trecho 02 da Rota Sul, e posteriormente tendo sido feito o tratamento estatístico desses valores.

Resumo do Dimensionamento do Pavimento para Ciclovia

R = 3,00 cm em CBUQ (Capa)

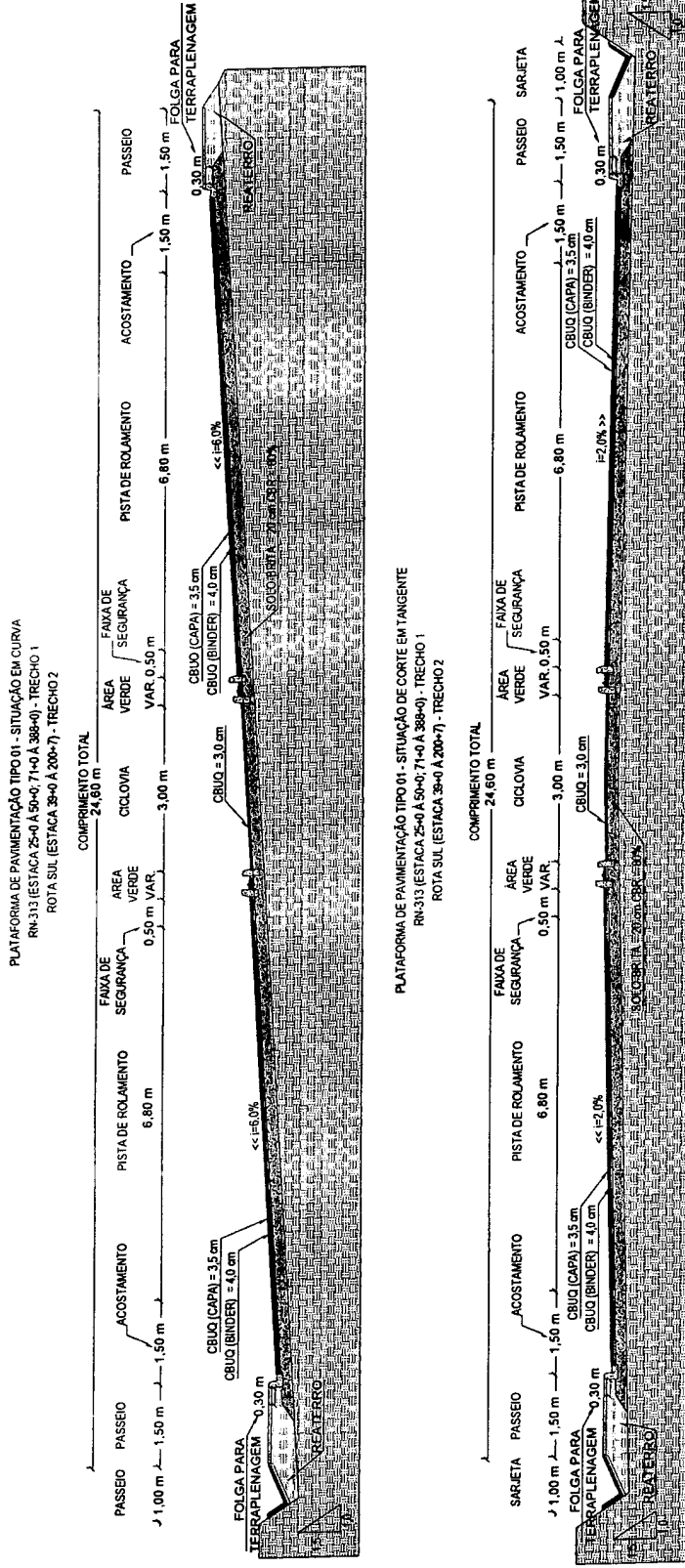
Base = 20,00 cm ($\text{CBR} \geq 80,00 \%$)

Sub-Base = Dispensada

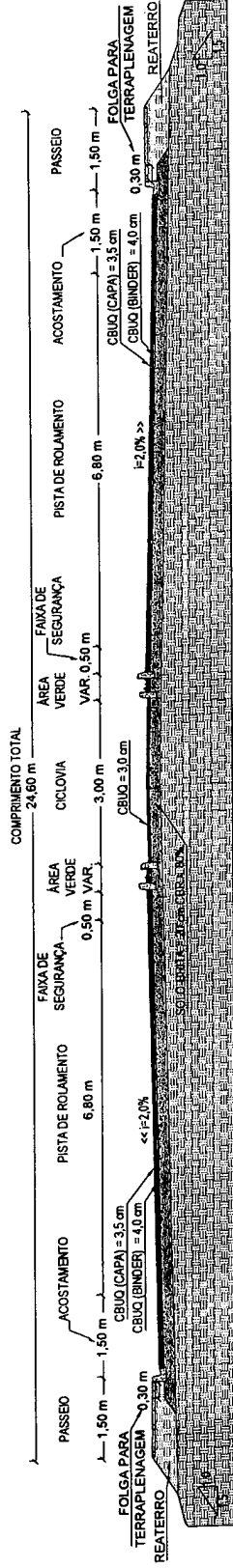
Reforço do Subleito = Dispensada

4.4.8 Seções Transversais Típicas de Pavimentação

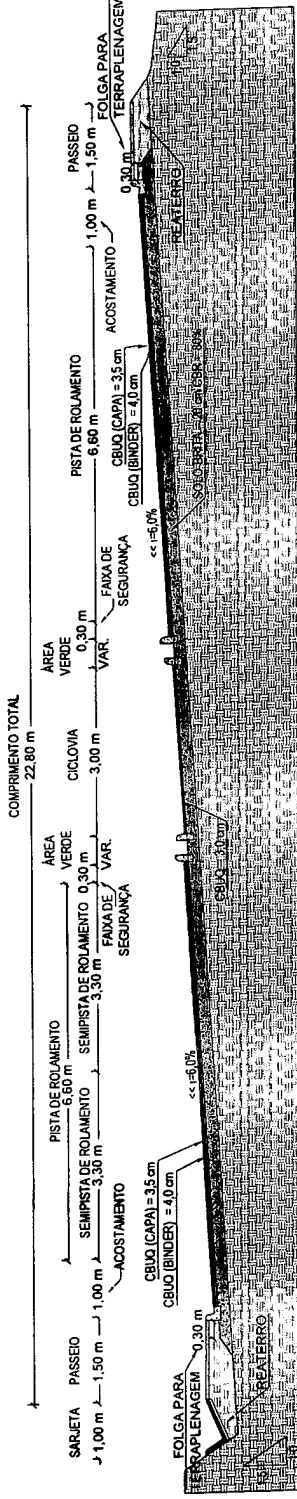
Figura 17 – Seções Transversais Típicas de Pavimentação



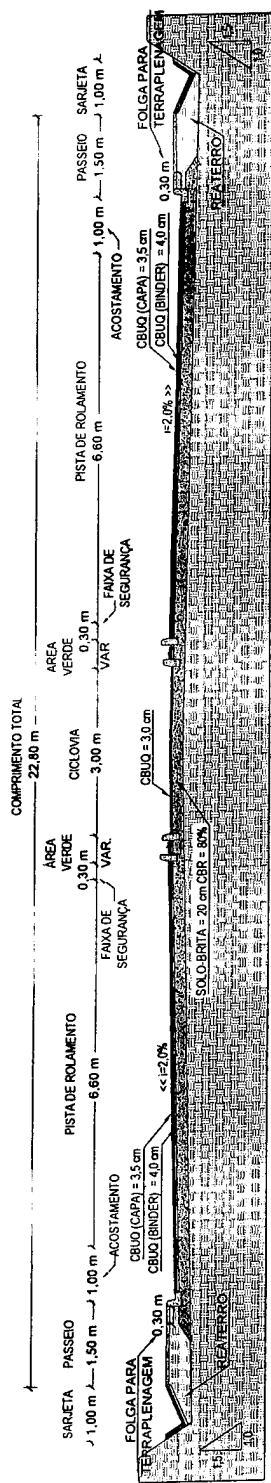
PLATAFORMA DE PAVIMENTAÇÃO TIPO 01 - SITUAÇÃO DE ATERRO EM TANGENTE
RN-313 (ESTACA 25+0 À 50+0; 71+0 À 388+0) - TRECHO 1
ROTA SUL (ESTACA 38+0 À 200+7) - TRECHO 2



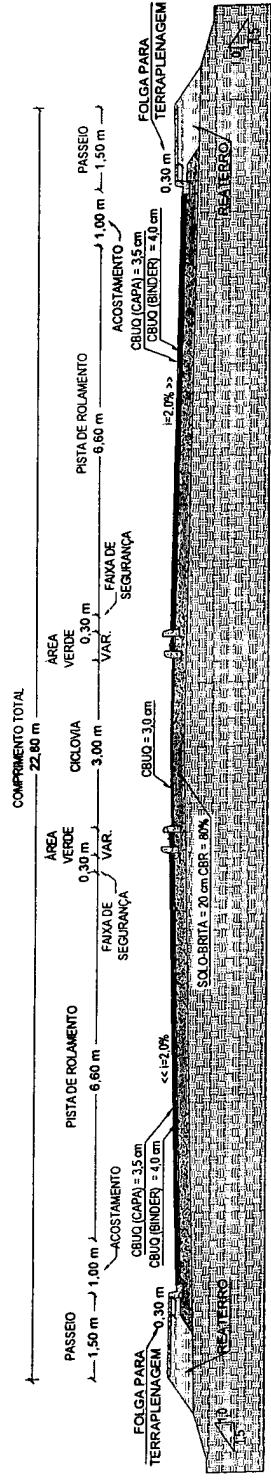
PLATAFORMA DE PAVIMENTAÇÃO TIPO 02 - SITUAÇÃO EM CURVA
RN-313 (ESTACA 0+0 À 25+0; 50+0 À 71+0; 388+0 À 633+6.12) - TRECHO 1



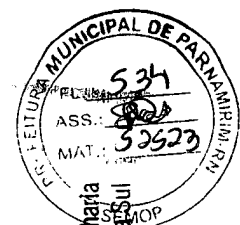
PLATAFORMA DE PAVIMENTAÇÃO TIPO 02 - SITUAÇÃO DE CORTE EM TANGENTE
 RN-313 (ESTACA 0+0,50-0,71-0,388-0 A 633+5,12) - TRECHO 1



PLATAFORMA DE PAVIMENTAÇÃO TIPO 02 - SITUAÇÃO DE ATERRO EM TANGENTE
 RN-313 (ESTACA 0+0,50-0,71-0,388-0 A 633+5,12) - TRECHO 1



Fonte: Elaborada pelo autor



4.4.9 Pavimento existente do Trecho 02

O pavimento em paralelepípedo existente no início do Trecho 02 (estacas 0+0m a 36+14,0m) passará por processo de recuperação por apresentar, em toda sua extensão, abatimentos, desagregações e ondulações em cerca de 50% de sua área. Em seguida o pavimento será capeado com espessura de 5cm de CBUQ.

4.4.10 Apresentação

O projeto da Pavimentação é apresentado neste volume e no volume 2

4.5 Projeto de Sinalização

4.5.1 Objetivo do Projeto

O presente trabalho tem por objetivo informar, regulamentar, advertir, indicar e educar o usuário sobre a utilização da via, tornando-a mais segura ao trânsito, fazendo o estudo do direcionamento dos diversos fluxos de tráfego, com o intuito de manter de forma disciplinada as condições de trânsito nas vias projetadas.

A velocidade diretriz adotada foi de 50 Km/h, mas em alguns trechos da Rota Sul essa velocidade foi reduzida para 40 Km/h visando sempre o conforto e a segurança dos usuários.

4.5.2 Considerações

Segundo o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT "A sinalização permanente, composta por placas, painéis, marcas no pavimento e elementos auxiliares, constitui-se num sistema de dispositivos fixos de controle de tráfego que, por sua simples presença no ambiente operacional de uma via, regulam, advertem e orientam os seus usuários". 104

Divide-se em:

- Sinalização Vertical
- Sinalização Horizontal

Sendo a Vertical estabelecida através de comunicação visual por meio de placas e outros dispositivos, implantados na margem da via e que tem como finalidade:

- Regulamentar o uso da via (Placas Regulamentares)
- Advertir para situações perigosas (Placas de Advertência)
- Indicar e dar informações aos usuários (Placas Indicativas)

A sinalização Horizontal é estabelecida por meio de marcações e outros dispositivos pintados ou fixados no pavimento e tem como finalidade:

- Complementar a sinalização vertical
- Canalizar os fluxos de tráfego

4.5.3 Desenvolvimento

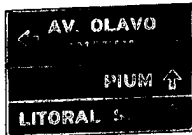
O desenvolvimento deste projeto se deu no estudo e implantação dos sinais verticais de comunicação (placas) que, de acordo com o manual de sinalização do DNIT, são classificadas em:



Sinais de Regulamentação: Utilizam a forma circular, a cor branca em seu fundo, a cor vermelha em sua borda e o texto preto. Quanto à dimensão variam conforme a velocidade da via. As exceções são as placas de "pare" (octogonal e fundo vermelho), e a placa "dê a preferência" (triangular com borda vermelha e fundo branco), todas com dimensões indicadas nas pranchas que acompanham este relatório (Volume 2).



Sinais de Advertência: Possuem a forma quadrada, com posicionamento definido por diagonal na vertical, a cor amarela em seu fundo, a cor preta em sua borda e símbolos. Quanto à dimensão, variam de acordo com a velocidade da via (ver pranchas anexas no Volume 2).



Sinais de Indicação: são retangulares, com posicionamento de lado maior na horizontal, fundo verde e borda, texto e símbolos na cor branca, possuem dimensões que variam com a quantidade de texto.

105

4.5.4 Placas de Regulamentação

Partindo destas definições, foram implantadas primeiramente as placas de regulamentação que tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das vias em questão. Assim o desrespeito aos sinais de regulamentação constitui infrações, previstas no capítulo XV do Código de Trânsito Brasileiro – CTB. Neste projeto foram utilizados alguns sinais de regulamentação, os principais são:



Parada obrigatória (R-1): Assinala ao condutor que deve parar seu veículo antes de entrar ou cruzar a via.



Dê a preferência (R-2): Assinala ao condutor a obrigatoriedade de dar preferência de passagem ao veículo que circula na via em que entrar ou cruzar, devendo para tanto reduzir a velocidade ou parar seu veículo, se necessário.



Velocidade Máxima Permitida (R-19): Regulamenta o limite máximo de velocidade em que o veículo pode circular na pista ou faixa, válido a partir do ponto onde o sinal é colocado.

4.5.5 Placas de Advertência

Depois de definidas as placas regulamentadoras, partimos para sinalização vertical de advertência que tem por finalidade alertar os usuários as condições potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou adjacentes a ela, indicando a natureza dessas situações à frente, quer sejam permanentes ou eventuais. Partindo deste princípio foram implantados alguns sinais de advertência, são eles:



Curva acentuada à esquerda (A-1a)



Curva acentuada à direita (A-1b)

Os sinais A-1a e A-1b advertem o condutor do veículo da existência, adiante, de uma curva acentuada à esquerda ou à direita.

A utilização destes sinais se dá em função do grau de deflexão e do raio da curva.

Condições para implantação:

- Quando a curva possui seu ângulo central for maior que 30° e seu raio menor ou igual a 60m.
- Quando a curva possui seu ângulo central maior ou igual a 45° e seu raio compreendido entre 60m e 120m.



Curva à esquerda (A-2a)



Curva à direita (A-2b)

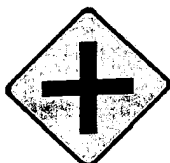
Os sinais A-2a e A-2b advertem o condutor do veículo da existência, adiante, de uma curva à esquerda ou à direita.

A utilização destes sinais se dá em função do grau de deflexão e do raio da curva.

Condições para implantação:

- Quando a curva possui seu ângulo central compreendido entre 30° e 45° e seu raio compreendido entre 60m e 120m.
- Quando a curva possui seu ângulo central menor do que 45° e seu raio compreendido entre 120m e 450m.

107



Cruzamento de vias (A-6): O sinal adverte o condutor do veículo da existência, adiante, de um cruzamento de duas vias em nível.



Via lateral à direita (A-7b)

O sinal A-7b advertem o condutor do veículo da existência, adiante, de uma via lateral à esquerda ou à direita, respectivamente.



Interseção em círculo (A-12)

O sinal A-12 advertem o condutor do veículo da existência, adiante, de uma interseção em círculo (rotatória), na qual a circulação é feita no sentido anti-horário.

4.5.6 Placas de Indicação

Por fim, após regulamentar e advertir, parte-se para escolhas das placas de indicação que têm como finalidade principal orientar os usuários da via no curso de seu deslocamento, fornecendo-lhes as informações necessárias para a definição das direções e sentidos a serem por eles seguidos, e as informações quanto às distancias a serem percorridas nos diversos segmentos do seu trajeto. No presente estudo, essas sinalizações foram utilizadas para indicar as direções das principais rodovias e destinos da região.



Placa Indicativa

108

4.5.7 Ciclovia

O projeto prevê implantação de uma ciclovia ao longo do Trecho 1 e do Trecho 2 da Rota Sul, sendo ela, implantada no canteiro central. Atendendo as especificações do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito Volume IV – Sinalização Horizontal, para sentido duplo de fluxo, a largura mínima da ciclovia é de 2,50m e é delimitada por faixas vermelhas pintadas no pavimento.

4.5.8 Considerações Finais

O projeto de sinalização em questão, que envolve a rodovia da Rota Sul, está apresentado nas pranchas anexas que complementam esse relatório (Volume 2). Foi sinalizado todo trecho em que as condições geométricas da via existente não permitiram atender plenamente a classe de projeto escolhida. Para estes locais foram adotadas placas de advertência e regulamentares de restrição de velocidade, para alertar os usuários sobre a limitação daquele sub-trecho da rodovia.

Por último é importante observar o Volume 2: Projeto de Execução, que contém o detalhe dos elementos de sinalização horizontal, sinalização vertical de regulamentação, advertência e indicação respectivamente, bem como sua forma correta de posicionamento nas vias.

4.5.9 Apresentação

O projeto da Sinalização é apresentado neste volume e no volume 2.

4.6 Obras complementares

4.6.1 Defesa metálica

Segundo a NBR 6971:1991, a defesa metálica é definida como dispositivo ou sistema de proteção contínua, constituído por perfis metálicos, implantado ao longo das vias com circulação de veículos, projetados na sua forma, resistência e dimensões, para absorver a energia cinética de veículos desgovernados, pela deformação do dispositivo.

Para aterros acima de 1,50m, considerando talude 1,0V:1,5H, e em trechos em curvas acentuadas foi necessário adotar o uso da defesa metálica para garantir, em caso de acidente, a segurança do veículo em tráfego, conforme é apresentado na tabela a seguir:

109

Tabela 43 – Defensas metálicas

TRECHO 01		
DEFENSA METALICA: LADO ESQUERDO		
ESTACA		OBSERVAÇÃO
Início	Final	
17+0	21 + 0	PASSEIO
141+0	145+0	PASSEIO
247+8	249+0	CANTEIRO CENTRAL
373+0	380+10	PASSEIO
382+10	383+10	PASSEIO
403+0	407+0	CANTEIRO CENTRAL
408+15	411+0	CANTEIRO CENTRAL
141+0	146+0	CANTEIRO CENTRAL
238+0	244+10	PASSEIO
376+0	385+5	CANTEIRO CENTRAL
406+10	408+10	PASSEIO
408+15	410+10	PASSEIO
483+0	485+15	CANTEIRO CENTRAL
487+10	491+0	CANTEIRO CENTRAL

TRECHO 02		
DEFENSA METÁLICA LADO SOUTRDO		
ESTACA		OBSERVAÇÃO
Início	Final	
97+0	105+18	PASSEIO
107+13	121+0	PASSEIO
151+0	157+0	CANTEIRO CENTRAL
97+0	105+18	PASSEIO
107+13	123+0	PASSEIO
150+10	152+10	PASSEIO
153+0	158+0	PASSEIO

4.6.2 Postes a serem removidos

Para implementação da Rota Sul se fez necessário remoção de postes existentes, que estão sendo apresentados na tabela a seguir:

110

Tabela 44 – Postes a serem removidos

LISTAGEM DE POSTES A SEREM REMOVIDOS - TRECHO 01			
LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	LADO (E/D)	NORTE (m)	ESTE (m)
2 + 6,00	E	9.343.016,49	249.343,64
6 + 7,00	D	9.343.010,96	249.427,66
8 + 15,00	D	9.343.024,39	249.475,64
10 + 8,00	D	9.343.032,96	249.506,67
12 + 0,00	D	9.343.037,32	249.538,63
13 + 18,00	D	9.343.043,90	249.574,35
15 + 17,00	D	9.343.050,84	249.612,60
18 + 6,00	D	9.343.056,78	249.660,95
20 + 17,00	D	9.343.055,98	249.711,47
22 + 12,00	D	9.343.053,62	249.747,53
24 + 8,00	D	9.343.048,82	249.782,08
26 + 2,00	D	9.343.042,69	249.815,30
27 + 14,00	D	9.343.031,95	249.845,37
58 + 18,00	E	9.342.821,48	250.429,95
61 + 0,00	E	9.342.805,17	250.470,40
63 + 6,00	E	9.342.787,75	250.512,25
64 + 14,00	E	9.342.778,02	250.538,77
64 + 15,00	E	9.342.778,04	250.539,75
69 + 2,00	E	9.342.766,68	250.625,61
71 + 0,00	E	9.342.762,28	250.663,15

LISTAGEM DE POSTES A SEREM REMOVIDOS - TRECHO 01			
LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	LADO (E/D)	NORTE (m)	ESTE (m)
72 + 13,00	E	9.342.761,22	250.693,87
80 + 6,00	D	9.342.730,66	250.846,38
82 + 3,00	D	9.342.727,75	250.882,89
84 + 0,00	D	9.342.724,51	250.921,18
86 + 4,00	D	9.342.721,39	250.963,78
128 + 15,00	E	9.342.677,49	251.811,73
129 + 0,00	E	9.342.677,12	251.816,58
129 + 2,00	E	9.342.677,01	251.819,24
130 + 15,00	E	9.342.681,77	251.851,26
132 + 13,00	E	9.342.692,75	251.885,15
134 + 11,00	E	9.342.704,59	251.922,91
136 + 10,00	E	9.342.715,24	251.960,58
140 + 8,00	E	9.342.730,77	252.038,94
145 + 8,00	E	9.342.719,57	252.140,54
149 + 15,00	E	9.342.668,91	252.214,72
245 + 15,00	D	9.341.123,84	253.244,77
382 + 0,00	D	9.341.873,52	255.846,69
382 + 2,00	E	9.341.900,30	255.855,27
383 + 15,00	D	9.341.866,08	255.880,35
386 + 8,00	E	9.341.863,26	255.933,17
390 + 0,00	E	9.341.817,00	255.997,23
396 + 10,00	E	9.341.743,76	256.099,59
398 + 5,00	E	9.341.723,72	256.128,03
401 + 0,00	D	9.341.673,46	256.160,32
403 + 5,00	D	9.341.650,13	256.197,04
431 + 15,00	D	9.341.974,48	256.588,83
436 + 0,00	D	9.342.043,07	256.640,41
438 + 5,00	D	9.342.079,63	256.665,88
449 + 10,00	D	9.342.260,03	256.801,55
452 + 15,00	D	9.342.308,04	256.845,30
453 + 8,00	D	9.342.320,66	256.849,31
469 + 0,00	D	9.342.567,79	257.039,60
474 + 10,00	D	9.342.656,97	257.105,35
495 + 8,00	E	9.342.767,01	257.424,28
497 + 13,00	E	9.342.740,87	257.461,55
500 + 0,00	E	9.342.714,64	257.499,92
502 + 17,00	E	9.342.682,62	257.547,43
565 + 4,00	D	9.341.971,60	258.572,64

LISTAGEM DE POSTES A SEREM REMOVIDOS - TRECHO 01

LOCALIZAÇÃO (ESTACA)	LADO (E/D)	NORTE (m)	ESTE (m)
569 + 15,00	D	9.341.918,96	258.648,60
575 + 0,00	D	9.341.858,65	258.733,63
602 + 0,00	D	9.341.555,71	259.177,15
605 + 0,00	D	9.341.519,88	259.226,98
612 + 5,00	D	9.341.439,07	259.347,64
618 + 12,00	D	9.341.367,58	259.451,84
621 + 5,00	D	9.341.334,21	259.494,15
622 + 3,00	D	9.341.327,33	259.510,36
631 + 10,00	D	9.341.220,53	259.663,40

5.0 Quadros de Quantidades

5.1 Quadros das quantidades de serviços

5.1.1 Quadro das quantidades de serviços do Trecho 01

Projeto:		ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)		Revisão:	0
Descrição:		Trecho 01: ERN-0020 (Entr. BR 101 / Entr. RN - 063)		Data:	21/07/2017
				Extensão (km)	12,72
		Terraplenagem		Unidade	Quant.
Código	Descrição	Unidade	Quant.	Unidade	Quant.
2 S 01 000 00	Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diam. até 0,15 m	m ²	335.875,15		
2 S 01 100 01	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 m	m ³	427,20		
2 S 01 100 22	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 a 200m c/e	m ³	7.228,85		
2 S 01 100 23	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 200 a 400m c/e	m ³	22.538,50		
2 S 01 100 28	Esc. carga transp. mat 1ª cat DM T 1200 a 1400m c/e	m ³	6.626,86		
2 S 01 100 29	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 1400 a 1600m c/e	m ³	7.519,31		
2 S 01 100 32	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 2000 a 3000m c/e	m ³	4.669,76		
2 S 01 100 33	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 3000 a 5000m c/e	m ³	19.334,69		
1 A 01 120 01	Escav. e carga de mater. de jazida(const e restr) (empréstimo)	m ³	18.305,66		
2 S 09 002 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. pav. (empréstimo) DMT = 6,39 km	tkm	180.138,68		
2 S 01 511 00	Compactação de aterros a 100% proctor normal	m ³	89.707,70		
		Drenagem		Unidade	Quant.
Código	Descrição	Unidade	Quant.	Unidade	Quant.
2 S 04 910 53	Meio-fio de concreto - MFC 03 AC/BC	m	23.672,44		
2 S 04 910 55	Meio-fio de concreto - MFC 05 AC/BC	m	50.741,71		
2 S 04 900 53	Sarjeta triangular de concreto - STC 03 AC/BC	m	1.006,30		
-	Entrada d'água - EDA	und	569,00		
2 S 04 940 52	Descida d'água tipo rap.canal retang.-DAR 02 AC/BC	m	986,44		
2 S 04 941 52	Descida d'água aterros em degraus arm - DAD 02 AC/BC	m	201,56		

Projeto:		QUANTITATIVO PARA PROJETO EXECUTIVO		Revisão:	0
Descrição:		ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)		Data:	21/07/2017
		Trecho 01: ERN-0020 (Entr. BR 101 / Entr. RN - 063)		Extensão (km)	12,72
2 S 04 950 71	Dissipador de energia - DEB 01 AC/PC			und	540,00
2 S 04 950 63	Dissipador de energia - DES 03 AC/BC/PC			und	11,00
2 S 04 100 52	Corpo BSTC D=0,80 m AC/BC/PC			m	40,00
2 S 04 100 53	Corpo BSTC D=1,00 m AC/BC/PC			m	82,00
2 S 04 220 04	Corpo BTCC 3,00 x 3,00 m alt. 0 a 1,00 m			m	16,00
2 S 04 931 53	Caixa coletora de talvegue - CCT 03 AC/BC			und	2,00
2 S 04 931 56	Caixa coletora de talvegue - CCT 06 AC/BC			und	1,00
2 S 04 931 61	Caixa coletora de talvegue - CCT 11 AC/BC			und	1,00
2 S 04 101 52	Boca BSTC D=0,80 m normal AC/BC/PC			und	3,00
2 S 04 101 53	Boca BSTC D=1,00 m normal AC/BC/PC			und	4,00
2 S 04 221 04	Boca BTTC 3,00 x 3,00 m normal			und	2,00
2 S 04 960 51	Boca de lobo simples grelha concr. - BSL 01 AC/BC			und	67,00
2 S 04 963 58	Poço de visita - PVI 08 AC/BC			und	25,00
2 S 04 963 59	Poço de visita - PVI 09 AC/BC			und	5,00
2 S 04 964 51	Tubulação de drenagem urbana-D=0,40m s/berço AC/BC			m	623,00
2 S 04 964 52	Tubulação de drenagem urbana-D=0,60m s/berço AC/BC			m	194,50
2 S 04 964 53	Tubulação de drenagem urbana-D=0,80m s/berço AC/BC			m	1.210,00
2 S 04 990 01	Transposição de segmento de sarjetas - TSS 02			m	22,00
5 S 04 999 08	Demolição de dispositivos de concreto simples			m3	113,13
Sinalização					
Código	Serviço (Denominação)	Unidade	Quant.		
4 S 06 100 21	Pint. faixa-tinta base acríl. e=0,6mm-NBR 11862/92 (tinta branca)	m²	8.380,52		
4 S 06 100 21	Pint. faixa-tinta base acríl. e=0,6mm-NBR 11862/92 (tinta amarela)	m²	424,10		
4 S 06 100 22	Pint. setas.zeb.-tinta b.acríl e=0,6mm-NBR 11862/92	m²	1.054,09		

QUANTITATIVO PARA PROJETO EXECUTIVO		Revisão:	0
ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)		Data:	21/07/2017
Trecho 01: ERN-0020 (Entr. BR 101 / Entr. RN - 063)		Extensão (km)	12,72
4 S 06 200 01	Forn. e implantação placa sinaliz. semi-refletiva	m ²	220,84
4 S 06 120 11	Forn. e colocação de tachão reflet. monodirecional	und	330
4 S 06 121 11	Forn. e colocação de tachão reflet. bidirecional	und	2
	Pórtico*	und	2
	Semi-pórtico*	und	10
Pavimentação		Unidade	Quant.
Código	Serviço (Denominação)		
2 S 02 110 00	Regularização do subleito	m ²	301.019,71
2 S 02 220 50	Base estab.granul.c/ mistura solo - brita BC	m ³	59.478,50
2 S 02 300 00	Imprimação	m ²	256.941,22
2 S 02 540 52	CBUQ - "binder" AC/BC	t	21.050,92
2 S 02 540 51	CBUQ - capa rolamento AC/BC	t	21.131,13
3 S 02 900 00	Remoção mecanizada de revestimento betuminoso	m ³	6.202,02
94990	Execuç. passeio (calçada) em concreto mold. In loco e= 5cm (Preço Sinapi)	m ³	1.819,55
Obra de Arte Especiais			
-	Ponte sobre Rio Pium - Extensão	m	35,70
-	Ponte sobre Rio Pium - Área	m ²	878,22
Canteiro de Obras			
-	Instalação do canteiro de obras	und	1,00
Mobilização e Desmobilização dos Equipamentos			
-	Mobilização e desmobilização dos Equipamentos	und	1,00

5.1.2 Quadro das quantidades de serviços do Trecho 02

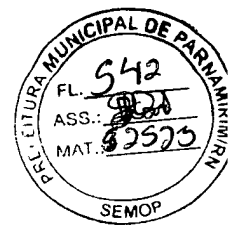
Projeto:		Revisão:	
Descrição:		Data:	
Trecho 2: Entr. Av. Olavo Lacerda Montenegro / Entr. RN - 313		Extensão (km)	
		0	
		21/07/2017	
		4,00	
Terraplenagem			
Código	Serviço (Denominação)	Unidade	Quant.
2 S 01 000 00	Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diam. até 0,15 m	m ²	166.462,79
2 S 01 100 22	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 a 200m c/e	m ³	9.067,53
2 S 01 100 23	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 200 a 400m c/e	m ³	16.712,53
2 S 01 101 23	Esc. carga transp. mat 2a cat DMT 200 a 400m c/e	m ³	4.178,13
2 S 01 100 29	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 1400 a 1600m c/e	m ³	25.664,25
2 S 01 101 29	Esc. carga transp. mat 2a cat DMT 1400 a 1600m c/e	m ³	6.416,06
2 S 01 100 33	Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 3000 a 5000m c/e	m ³	15.422,24
1 A 01 120 01	Escav. e carga de mater. de jazida(const e restr) (empréstimo)	m ³	54.012,11
2 S 09 001 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. não pav.(empres.) DMT = 2,00 km	tkm	166.357,30
2 S 09 002 91	Transporte comercial c/ basc. 10m3 rod. pav. (empres.) DMT = 4,0 km	tkm	332.714,60
2 S 01 511 00	Compactação de aterros a 100% proctor normal	m ³	84.791,24
Drenagem			
Código	Serviço (Denominação)	Unidade	Quant.
2 S 04 910 53	Meio-fio de concreto - MFC 03 AC/BC	m	6.956,11
2 S 04 910 55	Meio-fio de concreto - MFC 05 AC/BC	m	14.067,03
2 S 04 900 53	Sarjeta triangular de concreto - STC 03 AC/BC	m	1.443,70
2 S 04 400 04	Valeta prot. cortes c/ revest. concreto	m	407,30
-	Entrada d'água - EDA	und	135,00
2 S 04 940 52	Descida d'água tipo rap. canal retang.-DAR 02 AC/BC	m	310,82
2 S 04 941 52	Descida d'água aterros em degraus arm - DAD 02 AC/BC	m	283,98
2 S 04 950 71	Dissipador de energia - DEB 01 AC/PC	und	96,00
2 S 04 950 63	Dissipador de energia - DES 03 AC/BC/PC	und	6,00

Projeto Executivo

Projeto Executivo de Engenharia
para Implantação da Rota Sul

QUANTITATIVO PARA PROJETO EXECUTIVO			
ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)			
Projeto:	Revisão:		0
Descrição:	Data:		21/07/2017
	Extensão (km)		4,00
2 S 04 100 52	Corpo BSTC D=0,80 m AC/BC/PC	m	44,00
2 S 04 100 54	Corpo BSTC D=1,20 m AC/BC/PC	m	29,00
2 S 04 110 52	Corpo BDTC D=1,20 m AC/BC/PC	m	84,00
2 S 04 101 52	Boca BSTC D=0,80 m normal AC/BC/PC	und	1,00
2 S 04 101 54	Boca BSTC D=1,20 m normal AC/BC/PC	und	1,00
2 S 04 111 52	Boca BDTC D=1,20 m normal AC/BC/PC	und	2,00
2 S 05 300 02	Enrocamento de pedra jogada	m3	2.968,42
Sinalização			
Código	Serviço (Denominação)	Unidade	Quant.
4 S 06 100 21	Pint. faixa-tinta base acríl. e=0,6mm-NBR 11862/92 (tinta branca)	m ²	2.451,10
4 S 06 100 21	Pint. faixa-tinta base acríl. e=0,6mm-NBR 11862/92 (tinta amarela)	m ²	117,39
4 S 06 100 22	Pint. setas.zeb.-tinta b.acríl e=0,6mm-NBR 11862/92	m ²	203,00
4 S 06 200 01	Forn. e implantação placa sinaliz. semi-refletiva	m ²	184,8
4 S 06 120 11	Forn. e colocação de tachão reflet. monodirecional	und	54
	Semi-pórtico*	und	2
Pavimentação			
Código	Serviço (Denominação)	Unidade	Quant.
2 S 02 110 00	Regularização do subleito	m ²	74.164,05
2 S 02 220 50	Base estab.granul.c/ mistura solo - brita BC	m ³	14.629,39
2 S 02 300 00	Imprimação	m ²	67.167,20
2 S 02 540 52	CBUQ - "binder" AC/BC	t	5.432,62
2 S 02 540 51	CBUQ - capa rolamento AC/BC	t	6.784,28
3 S 02 900 00	Remoção mecanizada de revestimento betuminoso	m ³	33,05
73790/002	Reassent. Paralelep. rej.com betume e pedrisco. aproveit. Paralelo (Sinapi)	m ²	5.288,18
94990	Execuç. passeio (calçada) em concreto mold. In loco e= 5cm (Preço Sinapi)	m ³	475,67

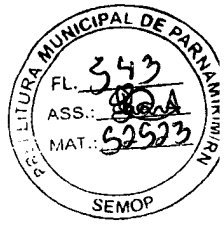
QUANTITATIVO PARA PROJETO EXECUTIVO			
Projeto:	ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)		Revisão:
Descrição:	Trecho 2: Entr. Av. Olavo Lacerda Montenegro / Entr. RN - 313		Data: 21/07/2017
	Obra de Arte Especiais		Extensão (km) 4,00
-	Ponte sobre Rio Pium - Extensão	m	35,70
-	Ponte sobre Rio Pium - Área	m ²	878,22



5.2 Quadros resumo das Distâncias de Transportes

QUADRO RESUMO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTES										Revisão: 0			
ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)										Data: 21/07/2017			
LEGENDA													
VC = Volume Compensado (intervalo de compensação de corte e aterro)													
E = Emprego fora de faixa													
PROCEDÊNCIA DO MATERIAL ESCAVADO						DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO							
DESCRIG	LOCALIZAÇÃO		Estaca	VOLUME (m³)		DESCRIG	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)		DMT (Km)	1ª Categoria (m³ x Km)	2ª Categoria (m³ x Km)
	Estaca	Estaca		1ª Categoria	2ª Categoria		Estaca	Estaca	Parcial	Acumulado			
Trecho 01													
VC-01	0	32+17,56 m		0,00	2.281,46	VC-01	0	32+17,56	2.281,46	0,32	730,07	0,00	0,00
E-01	192+0 - LE			0,00	3.012,11	E-01	32+17,56m	46+12,69m	3.012,11	3,04	9.156,81	0,00	0,00
VC-02	46+12,69m	75+19,34m		0,00	2.850,71	VC-02	46+12,69m	75+19,34m	2.850,71	0,32	912,23	0,00	0,00
VC-03	75+19,34m	111+9,69m		0,00	2.928,66	VC-03	75+19,34m	111+9,69m	2.928,66	0,27	790,74	0,00	0,00
E-02	192+0 - LE			0,00	7.519,31	E-02	111+9,69m	124+17,62m	7.519,31	1,47	11.053,39	0,00	0,00
VC-04	124+17,62m	138+8,36m		0,00	946,51	VC-04	138+8,36m	143+0,80m	946,51	0,20	189,30	0,00	0,00
VC-05	138+8,36m	143+0,80m		0,00	487,06	VC-05	143+0,80m	174+8,20m	487,06	0,06	29,22	0,00	0,00
VC-06	143+0,80m	174+8,20m		0,00	2.844,06	VC-06	174+8,20m	176+0	2.844,06	0,30	853,22	0,00	0,00
VC-07	174+8,20m	176+0		0,00	82,11	VC-07	176+0	182+1,11m	82,11	0,02	1,88	0,00	0,00
E-03	192+0 - LE			0,00	4.713,81	E-03	182+1,11m	190+3,18m	4.713,81	0,26	1.225,59	0,00	0,00
VC-08	182+1,11m	190+3,18m		0,00	510,41	VC-08	190+3,18m	199+5,32m	510,41	0,09	45,94	0,00	0,00
VC-09	190+3,18m	199+5,32m		0,00	469,56	VC-09	199+5,32m	232+15,01m	469,56	0,13	61,04	0,00	0,00
E-04	192+0 - LE			0,00	6.626,86	E-04	232+15,01m	256+11,36m	6.626,86	1,36	9.012,53	0,00	0,00
VC-10	232+15,01m	256+11,36m		0,00	2.320,56	VC-10	256+11,36m	287+13,71m	2.320,56	0,16	37,29	0,00	0,00
VC-11	256+11,36m	287+13,71m		0,00	3.316,52	VC-11	287+13,71m	319+11,17m	3.316,52	0,25	829,13	0,00	0,00
E-05	192+0 - LE			0,00	4.669,76	E-05	319+11,17m	327+19,35m	4.669,76	2,23	10.413,56	0,00	0,00
VC-12	319+11,17m	327+19,35m		0,00	466,66	VC-12	327+19,35m	344+5,18m	466,66	0,10	46,67	0,00	0,00
VC-13	327+19,35m	344+5,18m		0,00	940,16	VC-13	344+5,18m		940,16	0,12	112,82	0,00	0,00

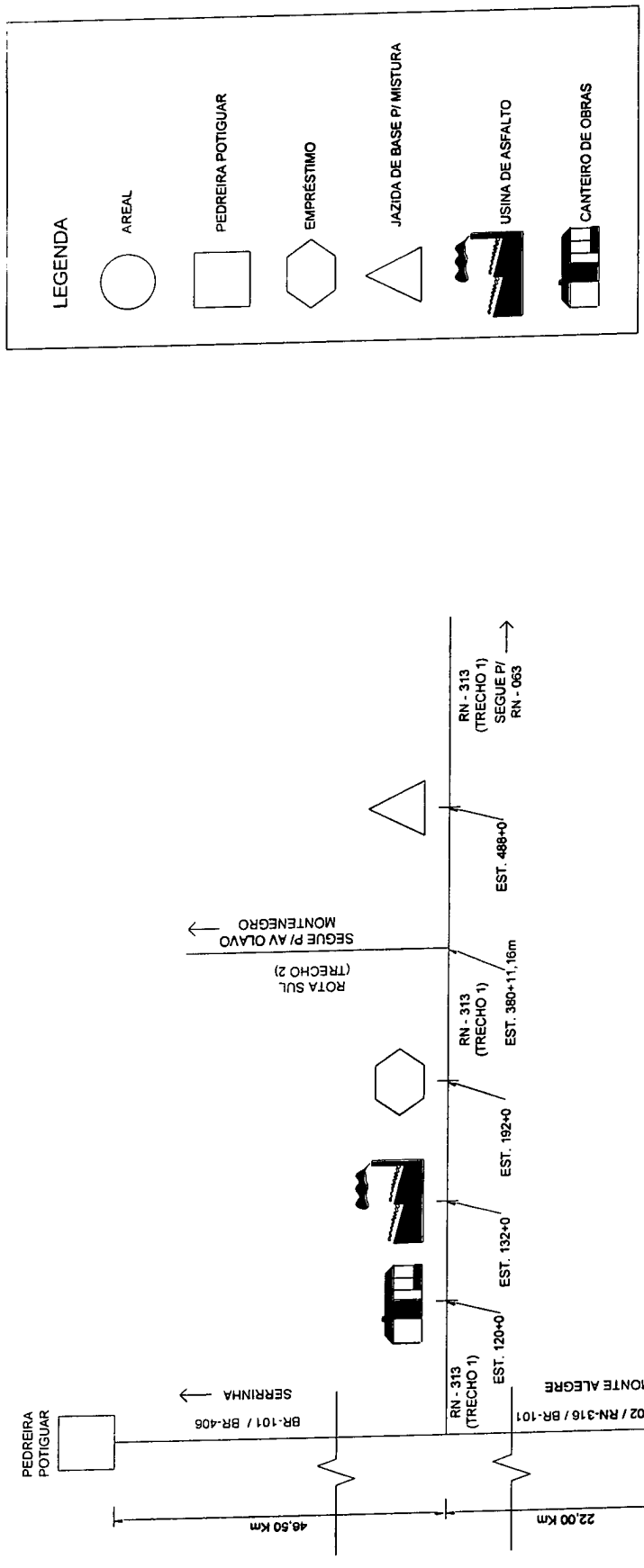
SINDUSCON		ROTA SUL		QUADRO RESUMO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTES										Revisão:		0	
indicadora de desempenho em construção civil		O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO		ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)										Data:		21/07/2017	
LEGENDA														MOMENTO DE TRANSPORTE			
VC = Volume Compensado (Intervalo de compensação de corte e aterro)																	
EE = Empreendimento fora de faixa																	
PROCEDÊNCIA DO MATERIAL ESCAVADO																	
DESCRIG	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)		DESCRIG	LOCALIZAÇÃO		VOLUME (m³)		DMT (Km)	Categoria (m³ x Km)		DMT (Km)	Categoria (m³ x Km)			
	Estaca	Estaca	1ª Categoria	2ª Categoria		Estaca	Estaca	Parcial	Acumulado		4ª	2ª					
E-06	192+0 - LE	348+5,08m	1.530,81	0,00	E-06	344+5,18m	348+5,08m	1.530,81	48.517,10	3,09	4.730,20	0,00	3,09	4.730,20	0,00		
VC-14	348+5,08m	353+6,26m	447,71	0,00	VC-14	348+5,08m	353+6,26m	447,71	48.964,81	0,06	26,86	0,00	0,06	26,86	0,00		
VC-15	353+6,26m	362+3,21m	355,91	0,00	VC-15	353+6,26m	362+3,21m	355,91	49.320,72	0,10	35,59	0,00	0,10	35,59	0,00		
E-07	192+0 - LE	362+3,21m	3.722,91	0,00	E-07	362+3,21m	378+5,03m	3.722,91	53.043,63	3,56	13.253,56	0,00	3,56	13.253,56	0,00		
VC-16	378+5,03m	399+9,79m	1.942,86	0,00	VC-16	378+5,03m	399+9,79m	1.942,86	54.986,49	0,25	485,72	0,00	0,25	485,72	0,00		
VC-17	399+9,79m	410+17,61m	1.037,46	0,00	VC-17	399+9,79m	410+17,61m	1.037,46	56.023,95	0,15	15,62	0,00	0,15	15,62	0,00		
E-08	192+0 - LE	410+17,61m	11.068,86	0,00	E-08	410+17,61m	429+15,37m	11.068,86	67.092,81	4,57	50.584,69	0,00	4,57	50.584,69	0,00		
VC-18	429+15,37m	439+0	356,01	0,00	VC-18	429+15,37m	439+0	356,01	67.448,82	0,10	35,60	0,00	0,10	35,60	0,00		
E-09	192+0 - LE	439+0	2.492,71	0,00	E-09	439+0	455+2,57m	2.492,71	69.941,53	5,10	12.712,82	0,00	5,10	12.712,82	0,00		
VC-19	455+2,57m	477+6,99m	1.423,51	0,00	VC-19	455+2,57m	477+6,99m	1.423,51	71.365,04	0,26	370,11	0,00	0,26	370,11	0,00		
VC-20	477+6,99m	482+0,83m	330,86	0,00	VC-20	477+6,99m	482+0,83m	330,86	71.695,90	0,07	23,16	0,00	0,07	23,16	0,00		
E-10	192+0 - LE	482+0,83m	5.060,41	0,00	E-10	482+0,83m	488+19,73m	5.060,41	76.758,31	5,87	29.706,61	0,00	5,87	29.706,61	0,00		
VC-21	488+19,73m	493+4,02m	299,36	0,00	VC-21	488+19,73m	493+4,02m	299,36	77.055,67	0,05	14,97	0,00	0,05	14,97	0,00		
VC-22	493+4,02m	495+7,04m	67,46	0,00	VC-22	493+4,02m	495+7,04m	67,46	77.123,13	0,03	2,02	0,00	0,03	2,02	0,00		
E-11	192+0 - LE	495+7,04m	1.108,11	0,00	E-11	495+7,04m	500+8,38m	1.108,11	78.231,24	6,12	6.781,63	0,00	6,12	6.781,63	0,00		
VC-23	500+8,38m	502+0	41,91	0,00	VC-23	500+8,38m	502+0	41,91	78.273,15	0,02	0,84	0,00	0,02	0,84	0,00		
E-12	192+0 - LE	502+0	727,26	0,00	E-12	502+0	507+3,24m	727,26	79.000,41	6,25	4.545,38	0,00	6,25	4.545,38	0,00		
VC-24	507+3,24m	514+18,34m	174,61	0,00	VC-24	507+3,24m	514+18,34m	174,61	79.175,02	0,11	19,21	0,00	0,11	19,21	0,00		
VC-25	514+18,34m	522+13,40m	138,91	0,00	VC-25	514+18,34m	522+13,40m	138,91	79.313,93	0,05	6,95	0,00	0,05	6,95	0,00		
VC-26	522+13,40m	534+18,11m	716,66	0,00	VC-26	522+13,40m	534+18,11m	716,66	80.030,59	0,14	100,33	0,00	0,14	100,33	0,00		
VC-27	534+18,11m	537+10,54m	87,31	0,00	VC-27	534+18,11m	537+10,54m	87,31	80.117,90	0,04	3,49	0,00	0,04	3,49	0,00		
VC-28	537+10,54m	544+1,41m	355,26	0,00	VC-28	537+10,54m	544+1,41m	355,26	80.473,16	0,09	31,87	0,00	0,09	31,87	0,00		



QUADRO RESUMO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTES		Revisão:	0					
ROTA SUL (O CAMINHO DO DESENVOLVIMENTO)		Data:	24/07/2017					
LEGENDA								
VC = Volume Compensado (intervalo de compensação de corte e aterro)								
E = Estaca								
PROCEDÊNCIA DO MATERIAL ESCAVADO		DESTINO DO MATERIAL ESCAVADO						
LOCALIZAÇÃO	VOLUME (m³)	LOCALIZAÇÃO	VOLUME (m³)					
Estaca	1ª Categoria	Estaca	Parcial					
Estaca	2ª Categoria	Estaca	Acumulado					
DESCR	1ª Categoria	Estaca	Acumulado					
DESCR	2ª Categoria	Estaca	Acumulado					
VC-29	668,66	544+1,41m	555+3,39m	668,66	81.141,82	0,15	100,30	0,00
E-13	1.011,21	555+3,39m	560+14,17m	1.011,21	82.153,03	7,32	7.402,06	0,00
VC-30	440,51	571+9,97m	571+9,97m	440,51	82.593,54	0,07	30,84	0,00
E-14	148,41	574+3,10m	574+3,10m	148,41	82.741,95	0,04	5,94	0,00
E-14	7.512,16	574+3,10m	594+15,28m	7.512,16	90.254,11	7,84	58.895,33	0,00
E-14	249,16	598+2,53m	598+2,53m	249,16	90.473,27	0,07	15,34	0,00
VC-33	185,46	602+4,11m	602+4,11m	185,46	90.658,73	0,06	11,13	0,00
E-15	506,06	604+0	604+0	506,06	91.164,79	8,22	4.159,81	0,00
VC-34	1.688,06	636+17,35m	636+17,35m	1.688,06	92.852,85	0,39	658,34	0,00
Total do Volume Escavado do Trecho 01		Total do Volume Escavado do Trecho 02		92.852,85				
VC-35	25.664,25	100+5,47m	100+5,47m	32.080,31	124.933,16	1,54	39.522,94	0,00
E-16	54.012,11	100+5,47m	114+6,17m	54.012,11	178.945,27	5,63	304.088,18	0,00
VC-36	16.712,53	137+8,35m	137+8,35m	20.890,66	199.835,93	0,25	3.222,67	0,00
VC-37	6.313,61	156+4,85m	156+4,85m	6.313,61	206.149,54	0,19	1.199,59	0,00
E-17	1.012,11	159+19,15m	159+19,15m	1.012,11	207.161,65	4,61	4.665,33	0,00
VC-38	1.499,11	178+13,18m	178+13,18m	1.499,11	208.660,76	0,16	239,86	0,00
VC-39	1.254,81	182+15,02m	182+15,02m	1.254,81	209.915,57	0,05	62,74	0,00
E-18	8.208,11	182+15,02m	200+2,97m	8.208,11	218.123,68	3,95	32.422,03	0,00
Total do Volume Escavado do Trecho 2		Total do Volume Escavado do Trecho 2		218.123,68				
Total dos Volumes Acumulados dos Trechos 1 e 2 (m³)				218.123,68				

6.0 Diagrama de Localização das Fontes de Materiais para Pavimentação e Instalações Industriais

Gráfico 12 – Diagrama de Localização das Fontes de Materiais para Pavimentação e Instalações Industriais



Elaborado pelo autor

7.0 Plano de Execução das Obras

7.1 Cronograma de execução das obras

CÓDIGO	SERVIÇOS	DIAS																	
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540
1	Canteiro de Obras	█																	
2	Terraplenagem	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
3	Pavimentação																		
4	Drenagem e Obras-de-Arte Correntes	█																	
5	Sinalização e Obras complementares																		
6	Dispositivos de proteção																		
7	Meio ambiente																		
8	Obras-de-Artes Especiais																		

7.2 Relação do pessoal técnico necessário à execução da obra

Tabela 45 – Quadro de equipe técnica

RELAÇÃO DO PESSOAL TÉCNICO NECESSÁRIO A EXECUÇÃO DA OBRA	
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
GERÊNCIA	
ENG. RESIDENTE	1
ENG. PRODUÇÃO	1
ENGENHARIA E QUALIDADE	
ENC. SEÇÃO TÉCNICA	1
ENC. DE LABORATÓRIO	1
ENC. TOPOGRAFIA	1
TOPÓGRAFO	2
ADMINISTRAÇÃO	
ENC. ADMINISTRATIVO	1
AUX. ADMINISTRATIVO	1
SEGURANÇA / MEDICINA	
TÉC. SEGURANÇA	2
MANUT. EQUIPAMENTOS	
ENC. MANUTENÇÃO	1
CONTR. DE MANUTENÇÃO	1
PRODUÇÃO	
ENC. GERAL DE OBRAS	1
ENC. PAVIMENTAÇÃO	2
ENC. TURMA	1

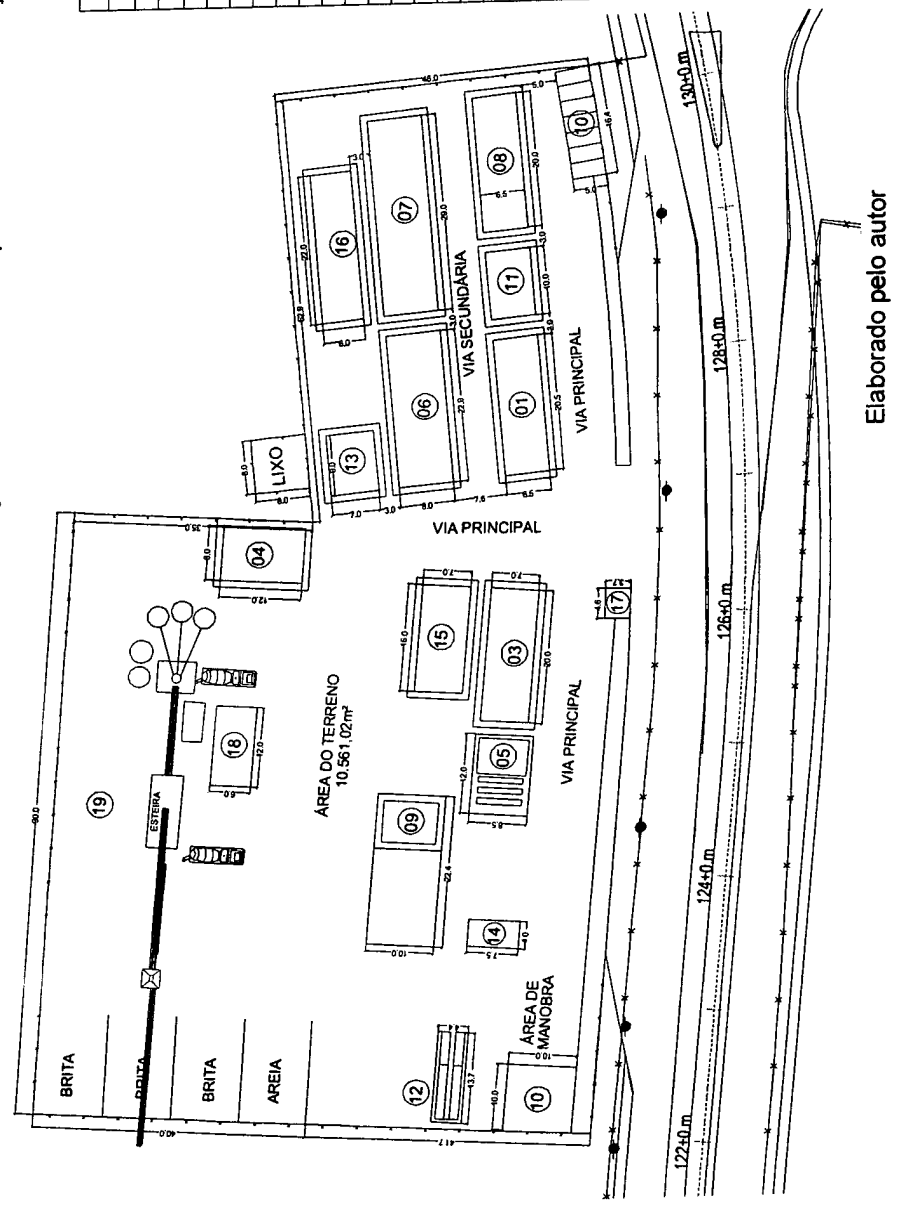
7.3 Relação do equipamento mínimo para a execução da obra

Tabela 46 – Relação do equipamento mínimo para a execução da obra

RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS			
EQUIPAMENTOS DE GRANDE PORTE		EQUIPAMENTOS DE MEDIO PORTE	
DESCRIÇÃO	QNT	DESCRIÇÃO	QNT
Trator de Esteiras - com lâmina (259 kW)	1	Trator Agrícola - (74 kW)	2
Motoniveladora - (103 kW)	2	Grade de Discos - GA 24 x 24	2
Escavadeira Hidráulica - com esteira (200 kW)	2	Compressor de Ar - 400 PCM (89 kW)	1
Trator de Esteiras - com lâmina (108 kW)	1	Martelete - rompedor 33 kg	3
Carregadeira de Pneus - 3,3 m3 (147 kW)	1	Máquina para Pintura - Pintura a frio (164 kW)	1
Rolo Compactador - pé de carneiro autoprop. 11,25t vibrat (82 kW)	1	Grupo Gerador - Manual/eletrico (14 kW)	1
Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW)	2	Martelete - perfurador/ rompedor elétrico (1 kW)	2
Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW)	1	Vassoura Mecânica - rebocável	1
Distribuidor de Agregados - autopropelido (103 kW)	1	Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l	2
Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW)	1	Equip. Distribuição de Asfalto - montado em caminhão (175 kW)	1
Carregadeira de Pneus - 1,91 m3 (113 kW)	1		
Usina de asfalto	1		
Usina de solos	1		
		Caminhão Basculante - 40 t (294 kW)	8
		Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW)	10
		Caminhão Tanque - 10.000 l (210 kW)	2
		Caminhão Carroceria - de madeira 15 t (210 kW)	1
		Caminhão Carroceria - c/ guindauto 6 t x m (136 kW)	1
		Caminhão Carroceria - 4 t (115 kW)	1
		Veículo Leve - pick up (4X4) (103 kW)	2

7.4 Esquema do canteiro de obras

Figura 17 – Seções Transversais Típicas de Pavimentação



Elaborado pelo autor

RESUMO		
NÚMERO	DESCRIÇÃO	ÁREA
01	ESCRITÓRIO	133,25m²
02	SEÇÃO TÉCNICA	-
03	ALMOXARIFADO	140,00m²
04	DEPÓSITO DE CIMENTO	96,00m²
05	CENTRAL DE ARMADURAS	102,00m²
06	REFEITÓRIO E COZINHA	183,20m²
07	ALOJAMENTO	232,00m²
08	BANHEIRO E VESTIÁRIO	130,00m²
09	OFICINA	224,00m²
10	ESTACIONAMENTOS	180,00m²
11	AMBULATÓRIO	65,00m²
12	RAMPA DE LAVAGEM	60,28m²
13	EQUIPE TOPOGRAFIA	63,00m²
14	POSTO DE COMBUSTÍVEL	30,00m²
15	CARPINTARIA	112,00m²
16	ÁREA DE RECREAÇÃO	132,00m²
17	GUARITA	17,02m²
18	LABORATÓRIO	72,00m²
19	CENTRAL DE CONCRETO / USINAGEM DE SOLO BRITA	3.200,00m²

7.5 Plano de Ataque da Obra

Apresenta-se a seguir, o “Plano de Ataque da Obra” pertinente a implantação dos serviços indicados no projeto.

As orientações e recomendações, ora apresentadas, deverão ser seguidas pela Construtora, obedecendo a ordem cronológica das etapas e recomendações expressas adiante:

- **1ª ETAPA**

A Construtora, imediatamente após o recebimento da Ordem de Serviço, deverá providenciar, entre outras coisas, a instalação do canteiro de obras e a realização dos serviços preliminares, de acordo com as seguintes providências:

Providenciar junto às concessionárias de serviços públicos, o devido remanejamento de todos os serviços de utilidade pública que causam interferências com a obra. Assim, deverão ser agilizados entre outros, a relocação de posteamento das redes elétricas e de telefonia que tenham interferência, bem como o remanejamento de tubulações e ramais da rede de água da CAERN.

A Construtora deverá também providenciar junto ao DER/RN a implementação das desapropriações integrantes dos processos de desapropriação a serem executados pelo referido órgão com base nos elementos fornecidos pelo Projeto de Desapropriação.

- **2ª ETAPA**

Nesta etapa, a Construtora deverá providenciar toda a locação do eixo de projeto, visando a definição física das áreas a serem desapropriadas, e a demarcação dos “offsets” dos cortes e aterros, visando o início do desmatamento onde houver liberação ambiental e fundiária. Inclusive deve-se também nesta etapa, definir fisicamente as edificações que estão em processo de desapropriação.

- **3ª ETAPA**

Iniciar a execução dos serviços das Obras de Arte Especiais (Ponte sobre o Rio Taborda), de acordo com as indicações do projeto.

Executar os serviços de drenagem e OAC, de acordo com as indicações do projeto, especialmente os alargamentos de bueiros de grande porte, como o Bueiro Triplo Celular de 3,0 m X 3,0 m, sobre o Rio Taborda, seguido pela execução dos bueiros menores.

- **4ª ETAPA**

Iniciar os serviços de desmatamento, seguido pelos serviços de terraplenagem, dando especial atenção a execução do movimento de terras nos segmentos situados no vale do Rio Taborda.

128

- **5ª ETAPA**

Executar a regularização do subleito, seguindo-se da execução da Base de acordo com as especificações do projeto.

- **6ª ETAPA**

Executar as recomendações para recuperação do passivo ambiental de empréstimos e jazidas, seguindo as medidas mitigadoras indicadas para a proteção do meio ambiente. Especial atenção nas obras de drenagem provisórias, visando a manutenção da integridade do corpo estradal, antes da execução da drenagem definitiva.

- **7ª ETAPA**

Nesta Etapa, deverão estar em fase de conclusão os serviços de terraplenagem e drenagem de Obras D'artes Correntes e Especiais, dando início a implantação do sistema de drenagem superficial da rodovia. Para tanto deverão ser executados de acordo com os projetos e especificações todos os dispositivos indicados.

- **8ª ETAPA**

Execução da Imprimação da Pistas de Rolamento, Faixas de Segurança e Ciclovias com CM-30 ou 70.

- **9ª ETAPA**

Executar a recuperação dos paralelepípedos do Trecho 2, entre as estacas 0 e 39, nos segmentos onde o calçamento encontra-se com abatimentos, com desagregação, com deslocamentos laterais, ou ondulações. Esta verificação será visual e dependerá do entendimento da fiscalização.

Executar em seguida o recapeamento do paralelo em CBUQ com espessura de 5,00cm.

Executar o revestimento flexível da Pista de Rolamento + Faixas de Segurança em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ (espessura de 7,50cm) sendo 4,0 cm de Binder e 3,5 cm de capa de rolamento.

Executar o revestimento da Ciclovias em CBUQ com espessura de 3,0 cm.

- **10ª ETAPA**

Executar as obras complementares, incluindo a sinalização vertical e horizontal indicadas no projeto, plantio de grama, pintura de meio-fio, e delimitação da faixa de domínio com cerca onde for necessário.

129

8.0 Especificações de Serviços

São as especificações que normalizam a execução dos serviços e fornecimento de materiais que não constam nas Especificações Gerais:

TERRAPLENAGEM

OBJETIVOS:

Definir os critérios que orientam a execução, através dos controles geotécnicos e geométricos, a aceitação e rejeição dos serviços de terraplenagem.

Serão apresentados os requisitos relativos a materiais, equipamentos, execução, e controle de qualidade, além dos critérios já citados para aceitação, e rejeição dos serviços.

Para aplicação destas especificações particulares, e em especial para o que ficar omissa, é essencial a observância as Especificações de Serviço do DNIT. 130

DEFINIÇÕES:

Terraplenagem é a movimentação de quantidades de solo com o objetivo de atender a um projeto de engenharia que pretende alterar a topografia original do terreno.

É portanto a ação de mudar a configuração do terreno primitivo, realizando movimentações de terra. Para isto é necessário a utilização de equipamentos que irão escavar o solo em algumas áreas do terreno (cortes), e transportar e depositar noutros locais o material proveniente desta ação (aterros).

Cortes são segmentos da obra projetada cuja implantação requer a escavação do material constituinte do terreno. As operações de corte compreendem a escavação propriamente dita, a carga, o transporte, a descarga e o espalhamento do material no destino final, nos aterros, ou em depósitos de materiais excedentes (bota-fora).

Aterros são segmentos onde a implantação da geometria projetada requer deposição de materiais provenientes de cortes ou de empréstimos. A deposição dos materiais envolve as operações de espalhamento, aeração ou umedecimento, homogeneização e compactação do material. Pode haver antes a necessidade da

substituição de materiais inadequados, previamente removidos do subleito, com o intuito de garantir a estabilidade do aterro.

CORTES

Consiste como visto, nas operações de remoção do material constituinte do terreno nos locais onde a implantação da geometria definida no projeto requer sua escavação.

As operações deste serviço compreendem:

- Escavação e carga do material até o greide definido no projeto de terraplenagem. No caso do corte deve ser considerado um rebaixamento nas cotas de terraplenagem de 20 cm a serem posteriormente reaterrados com material proveniente da área de empréstimo.

131

Os materiais quanto a resistência ao seu desmonte:

- Pelas sondagens apresentadas até o greide de terraplenagem na região de corte, a predominância é de solos arenosos e em algumas sondagens detectou-se a presença de arenitos, o que nos leva a crer que a predominância dos materiais escavados se classificarão em 1a. categoria, podendo haver ocorrências de materiais classificados como 2a. categoria. Não está prevista a ocorrência de materiais de 3a. categoria.

Quanto aos equipamentos utilizados para o serviço:

- Tratores de esteiras para pequenas distâncias de transporte.
- tratores de esteiras equipados com escarificador para solos de 2a. categoria.
- Tratores escavo-transportadores de pneus para médias distâncias.
- Escavadeiras hidráulicas.
- Pás Carregadeiras.
- Caminhões basculantes para distâncias de transporte maiores.
- Moto niveladoras para o espalhamento do material no destino.

Execução do serviço:

- A operação de escavação deve ser precedida dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza da área a ser trabalhada.
- A escavação dos cortes deve obedecer aos elementos técnicos fornecidos pelo projeto de terraplenagem nas notas de serviço, e nas plantas onde constam as cotas dos platôs com as coordenadas dos seus vértices.
- Para o transporte do produto escavado até o local do destino, poderá ser necessário a implantação de caminhos de serviço.
- Apenas serão transportados para constituição dos aterros, os materiais que pela classificação e caracterização efetuados nos cortes, sejam compatíveis com as especificações de execução dos aterros, descritos na seção "Aterros".
- Constatada a conveniência técnica e econômica de reserva de materiais escavados em cortes, para execução de camadas da pavimentação, é recomendável o depósito dos referidos materiais em locais indicados pela fiscalização para sua oportuna utilização.
- Quando a escavação atingir o greide de terraplenagem, e os solos do subleito forem inadequados, isto é, constituídos por solos com expansão maior que 2%, ou possuírem baixa capacidade de suporte (CBR <2%), é necessário o rebaixamento do greide de terraplenagem na espessura de no mínimo 20 cm, ou a definida pela fiscalização, nos casos não previstos em projeto, como nos casos de solos orgânicos (não constatado nas sondagens fornecidas).
- Os taludes ao final das escavações devem possuir a geometria indicada em projeto e superfície desempenada controlada por topografia através da marcação dos "off sets". Somente devem ser efetuadas alterações de inclinação caso novos dados geotécnicos justifiquem a alteração da inclinação, ou quando ocorrerem escorregamentos durante a execução.
- Desde o início das obras até seu recebimento definitivo, as escavações já executadas ou em execução devem ser protegidas contra a ação erosiva das águas e mantidas em condição que assegurem uma drenagem provisória mais eficiente.

ATERROS

Os solos para os aterros provirão dos cortes ou empréstimos. A deposição dos materiais nos locais projetados como aterros, envolve as seguintes operações:

- Espalhamento, aeração ou umedecimento, e homogeneização
- Compactação do material.

Quanto aos materiais empregados os solos devem:

- Ser isentos de matéria orgânica;
- Para corpo de aterro possuir CBR $\geq 2\%$ e expansão $< 4\%$.
- Para camada final os aterros devem ser constituída de material selecionado, dentre os melhores disponíveis, não sendo permitido o uso de solos com expansão maior que 2%.

133

Quanto aos equipamentos utilizados para o serviço:

- Moto niveladoras com escarificador.
- Grade de discos.
- Caminhão tanque irrigador
- Trator agrícola
- Rolos compactadores, lisos, pé de carneiro, estáticos ou vibratórios.

Execução do serviço:

- Os aterros devem ser executados em camadas sucessivas, com espessura solta, definida pela fiscalização, em função das características geotécnicas do material e do equipamento de compactação utilizado que resultem na espessura compactada de no mínimo de 15 cm.

- Serão aceitas camadas compactadas com espessuras superiores a 20 cm, desde que autorizadas pela fiscalização, isto é, desde que o equipamento utilizado confira o grau de compactação mínimo exigido, conforme NBR 7182. Admitem-se espessuras de até 30 cm de espessura para as camadas do corpo do aterro e do máximo 20 cm para as camadas finais de aterro.

- A variação do teor de umidade admitido para o material do corpo de aterro é de $\pm 3\%$ em relação a umidade ótima de compactação e o grau de

compactação mínimo exigido é de 95% em relação à massa específica aparente seca máxima conforme NBR 7182, e DNER-ME 092/94, ou DNER-ME 037/94, na energia normal.

- Para a camada final do aterro, a variação do teor de umidade admitido será de ± 2 % em relação a umidade ótima de compactação e o grau de compactação mínimo exigido é de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima conforme NBR 7182, e DNER-ME 092/94, ou DNER-ME 037/94 na energia normal.

- As camadas individuais do aterro devem ser constituídas preferencialmente por material homogêneo. Quando os materiais provenientes da escavação forem heterogêneos, os materiais devem ser misturados com emprego de grades de disco, motoniveladoras, a fim de se obter, ao final destas operações, a homogeneidade do material.

134

CONTROLE DE QUALIDADE GEOTÉCNICO

Materiais:

- Um ensaio de Compactação, segundo DNER-ME 129/94 para cada mil metros cúbicos de material do corpo do aterro.

- Um ensaio de Compactação DNER-ME 129/94 para cada duzentos metros cúbicos de material de camada final de aterro.

- Um ensaio de Granulometria por Peneiramento DNER-ME 080/94, um ensaio do Limite de Plasticidade DNER-ME 082/94, e um ensaio do Limite de Liquidez DNER-ME 122/94 para o corpo do aterro, a cada dez amostras submetidas ao ensaio de Compactação.

- Um ensaio de Granulometria por Peneiramento DNER-ME 080/94, um ensaio do Limite de Plasticidade DNER-ME 082/94, e um ensaio do Limite de Liquidez DNER-ME 122/94 para camada final, a cada quatro amostras submetidas ao ensaio de Compactação.

- Um ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR) DNER-ME 049/94, para camada final, a cada quatro amostras submetidas ao ensaio de Compactação.

- Execução:

- Cinco ensaios de Massa Específica Aparente Seca "in situ" segundo DNER-ME 092/94, para cada 1.200 m³ de material do corpo do aterro, e 800 m³ para camada final.
- Determinação do teor de umidade com umidímetro speedy conforme DNER- ME 052/94, imediatamente antes da compactação do material, a cada 750 m².

CONTROLE DE QUALIDADE GEOMÉTRICO

- O acabamento da camada final do aterro deverá alcançar a conformação prevista em projeto, admitidas as seguintes tolerâncias:
 - Variação de altura máxima de $\pm 0,04$ m para o eixo e bordos.
 - Variação máxima de largura de + 0,30 m para a plataforma.
- O alinhamento horizontal também deverá ser conferido, especialmente os vértices dos platôs das edificações, e o eixo das vias de acesso, cuja tolerância máxima não deverá ultrapassar $\pm 0,05$ m para as vias e + 0,02 m para os vértices dos platôs das edificações.

135

ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

- Os serviços serão aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, de execução, e de controle geométrico, estabelecidos nesta especificação. Verificar controle estatístico de ensaios através da Especificação de Serviço DNER-ES 82/97.

PAVIMENTAÇÃO

REGULARIZAÇÃO –

Será medida por metro quadrado da plataforma final do sub-leito.

SUB-BASE E BASE –

Será medida por metro cúbico estabilizado, segundo a seção transversal do projeto. O pagamento será efetuado tomando como base o preço unitário aprovado,

no qual deverão estar contidas as operações de escavação, carga, espalhamento, mistura, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento.

TRANSPORTE DE SUB-BASE E BASE

Será medido levando-se em consideração o volume após a compactação e a distância média de transporte até o local de aplicação. Para a distância média de transporte será considerado um valor mínimo de 4Km. No caso de variação da distância média de transporte, o novo preço unitário será calculado pela expressão $Y(R\$/m^3) = AX + B$, fixado no orçamento base, onde "X" é a distância média de transporte em Km, apurada no final do serviço.

OBRAS D'ARTE CORRENTES E DRENAGEM

136

MEIO FIO, SARJETA, VALETÃO, CALHA PARA DESCIDA D'ÁGUA, CALÇADA E RE CRAVA

Serão executadas com concreto fck = 15 Mpa e acabamento com argamassa de cimento e areia no traço em volume de 1:4.

BUEIROS TUBULARES –

Serão executados conforme projeto, sendo a calçada e recrava em alvenaria de pedra argamassada de cimento e areia traço em volume 1:4, muro de testa e alas em concreto ciclópico com 70% de concreto fck= 15 Mpa e 30% de pedra de mão.

OBRAS COMPLEMENTARES

CERCA COM ESTACA DE MADEIRA –

Será constituída de estacas de madeiras e quatro fios de arame farpado. As estacas deverão ser chanfradas no topo, aparadas na base e terem o diâmetro médio de 0,10m, comprimento de 2,20m e espaçadas de 2,5m.

OBS.: arame farpado será fabricado de aço, sendo a cordoalha constituída de dois fios e carga de ruptura à tração igual ou superior a 250Kg.

SINALIZAÇÃO

Sinalização Vertical –

Será medida por m² de placa. A limpeza do local onde serão colocadas as placas de sinalização, deverá garantir que a mensagem a ser implantada chegará em boas condições de visualização ao receptor. Existindo vegetação de grande ou médio porte (árvores e arbustos), a placa deve ser deslocada para o local mais próximo da posição inicial, de forma que não prejudique a emissão da mensagem.