

**PROJETO DE ENGENHARIA RODOVIÁRIA**  
**REGULARIZAÇÃO DE ACESSO MUNICIPAL**  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE PAPANDUVA**  
**BR-116/SC - km 058,000**

**VOLUME 1 - RELATÓRIO DO PROJETO**

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.0 - APRESENTAÇÃO .....</b>                                    | <b>4</b>  |
| <b>2.0 - PLANTA DE SITUAÇÃO.....</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>3.0 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO .....</b>                           | <b>7</b>  |
| <b>4.0 - ESTUDO DE TRAÇADO .....</b>                               | <b>8</b>  |
| 4.1 - Caracterização da Obra .....                                 | 9         |
| 4.2 - Justificativa.....   | 9         |
| 4.3 - Planta do Estudo de Traçado .....                            | 9         |
| <b>5.0 - ESTUDO TOPOGRÁFICO.....</b>                               | <b>11</b> |
| 5.1 - Introdução.....  | 12        |
| 5.2 - Desenvolvimento dos Serviços.....                            | 12        |
| <b>6.0 - ESTUDO HIDROLÓGICO .....</b>                              | <b>16</b> |
| 6.1 – Introdução .....   | 17        |
| 6.2 – Características Climáticas.....                              | 17        |
| 6.3 – Características Geológicas / Geomorfológicas.....            | 18        |
| 6.4 – Características Pluviométricas.....                          | 18        |
| 6.5 – Características Físicas das Bacias .....                     | 21        |
| 6.6 – Modificações Futuras .....                                   | 22        |
| 6.7 – Estudo realizado.....  | 22        |
| 6.8 – Intensidade Média de Precipitação .....                      | 22        |
| 6.9 – Tempo de Recorrência .....                                   | 23        |
| 6.10 – Tempo de Concentração .....                                 | 24        |
| 6.11 – Determinação da Vazão pelo Método Racional .....            | 24        |
| 6.12 – Determinação da Vazão pelo Método Racional Modificado ..... | 25        |
| 6.13 – Coeficiente de Escoamento Superficial .....                 | 25        |
| 7.1 - Introdução.....  | 28        |
| 7.2 - Ensaios de Caracterização e Compactação.....                 | 29        |
| 7.3 - Classificação dos Solos .....                                | 51        |
| 7.4 - Conclusões .....   | 53        |
| <b>8.0 - ESTUDO DE TRÁFEGO .....</b>                               | <b>54</b> |
| 8.1 - Volume de Tráfego.....                                       | 55        |

|  |           |
|--|-----------|
| 8.2 - Fatores de Cargas.....   | 58        |
| 8.3 - Número N.....  | 60        |
| <b>9.0 - PROJETO GEOMÉTRICO .....</b>                                | <b>61</b> |
| 9.1 - Definição da Planta .....                                      | 62        |
| 9.2 - Definição do Greide .....                                      | 62        |
| 9.3 - Geometria Projetada.....                                       | 62        |
| 9.4 - Apresentação dos Resultados .....                              | 63        |
| <b>10.0 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM .....</b>                         | <b>64</b> |
| 10.1 - Serviços Preliminares .....                                   | 65        |
| 10.2 - Cortes.....   | 65        |
| 10.3 - Aterro.....   | 66        |
| 10.4 - Cálculo dos Volumes .....                                     | 66        |
| <b>11.0 - PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL.....</b>                       | <b>67</b> |
| 11.1 - Introdução .....  | 68        |
| 11.2 - Drenagem Superficial .....                                    | 68        |
| 11.3 - Especificações .....  | 72        |
| <b>12.0 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA .....</b>                | <b>73</b> |
| 12.1 - Pavimento Flexível .....                                      | 74        |
| 12.2 - Dimensionamento do Pavimento Asfáltico - Método do DNER ..... | 76        |
| 12.3 - Especificações .....  | 78        |
| <b>13.0 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO.....</b>                            | <b>79</b> |
| 13.1 - Considerações.....  | 80        |
| <b>14.0 - QUADRO DE QUANTIDADES .....</b>                            | <b>81</b> |
| <b>15.0 - CARACTERIZAÇÃO FOTOGRÁFICA .....</b>                       | <b>84</b> |
| <b>16.0 - ANEXOS .....</b>   | <b>87</b> |
| 16.2 – ART (RESPONSÁVEL TÉCNICO) .....                               | 88        |
| 16.3 – LICENCIAMENTO AMBIENTAL.....                                  | 89        |

## **1.0 - APRESENTAÇÃO**

## 1.0 - APRESENTAÇÃO

O engenheiro civil Aristide Antonio Sonaglio, entrega nesta oportunidade o presente **Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária para Regularização de Acesso Municipal à BR-116/SC** localizado no km 058,0, no município de Papanduva/SC.

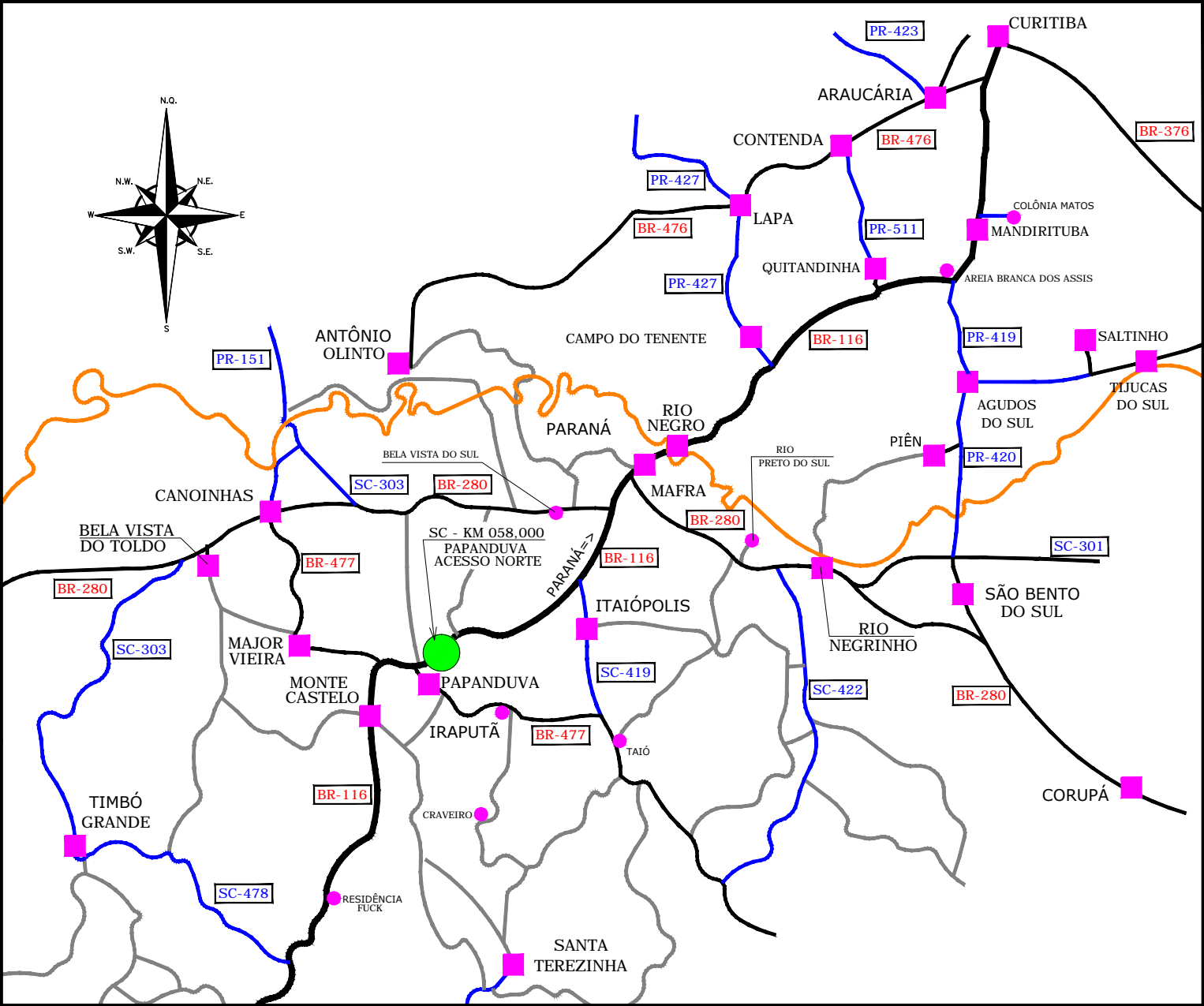
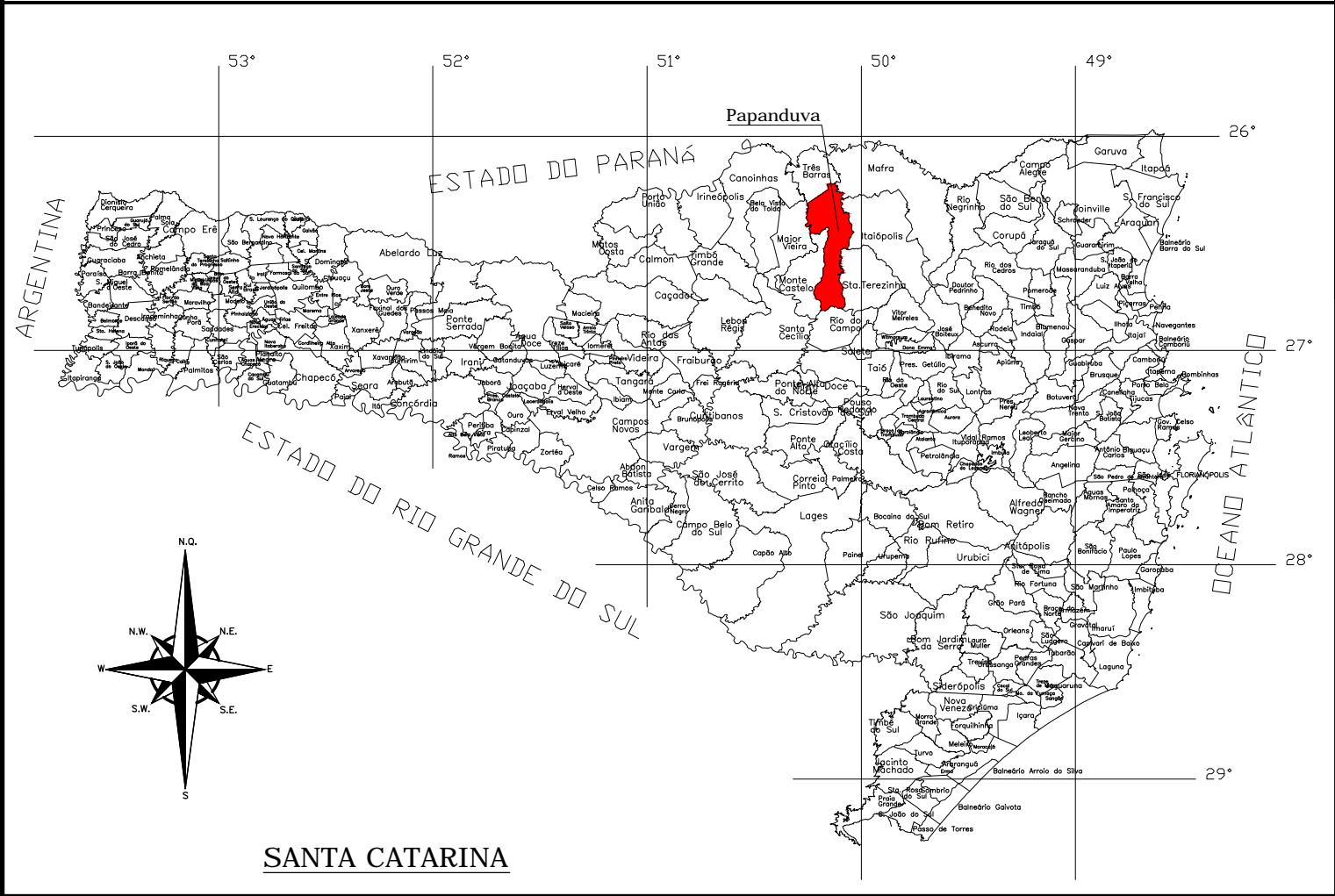
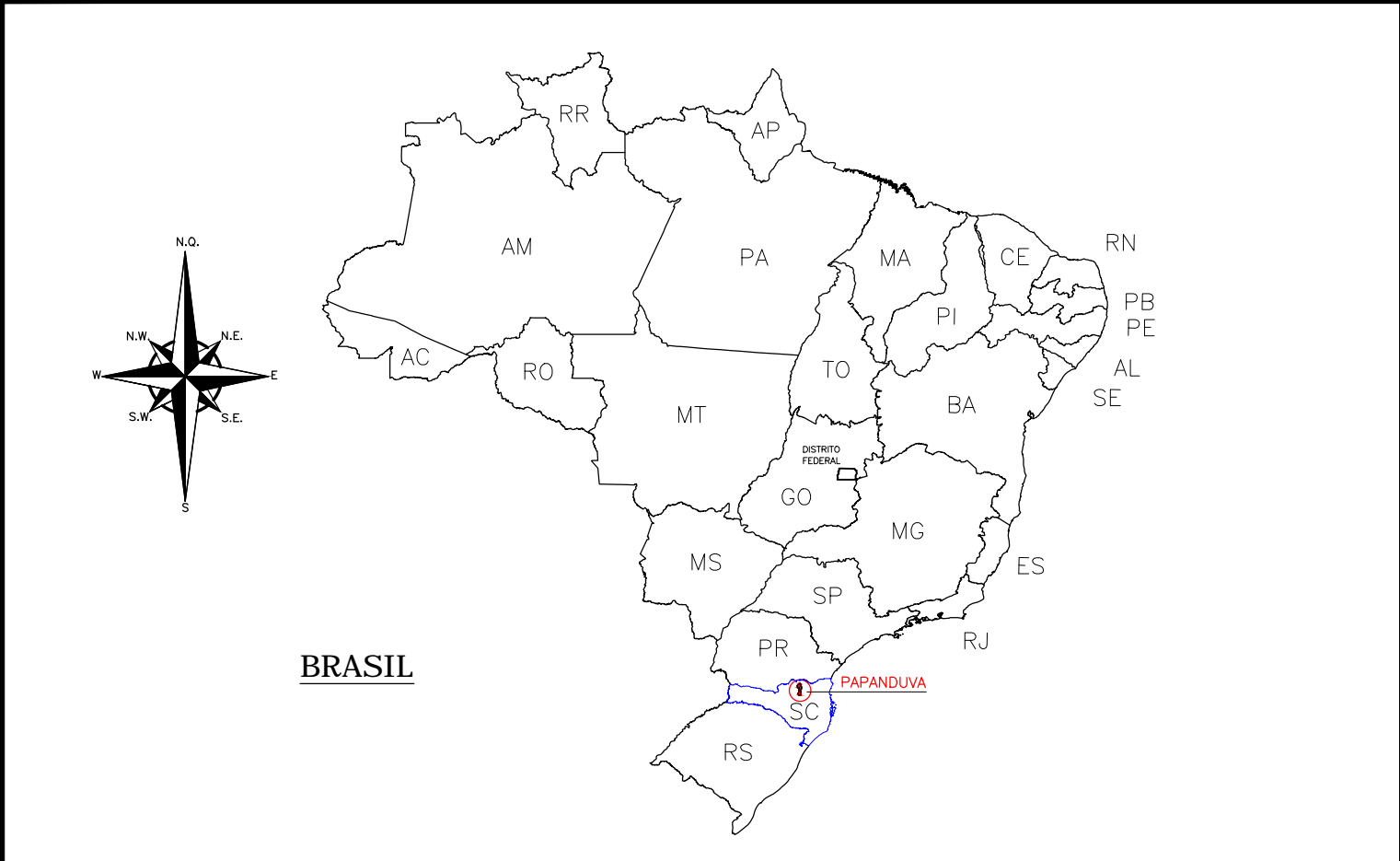
O acesso projetado possui um eixo geométrico com extensão total de 500,00m. O trabalho em questão apresenta como escopo os seguintes Estudos e Projetos:

- Estudo de Traçado;
- Estudo Hidrológico;
- Estudo Geotécnico;
- Levantamento Planialtimétrico;
- Projeto Geométrico;
- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Pavimentação;
- Projeto de Drenagem Pluvial;
- Projeto de Sinalização;

O Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária possui os seguintes volumes:

- Volume 1 - Relatório do Projeto;
- Volume 2 - Projeto Executivo;
- Volume 3 - Esquema Construtivo.

## **2.0 - PLANTA DE SITUAÇÃO**



MAPA DE SITUAÇÃO  
S/Escala

CONVENÇÕES

- LOCALIZAÇÃO DO PROJETO
- MUNICÍPIO
- SEDE DE DISTRITO
- RODOVIA FEDERAL
- DIVISA DO ESTADO
- RODOVIA ESTADUAL
- ESTRADA NÃO PAVIMENTADA

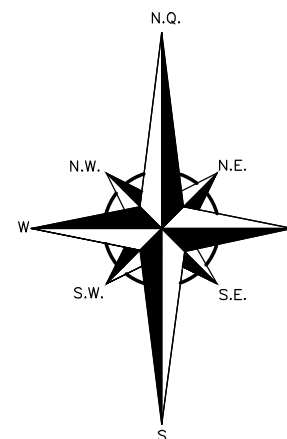
OBS: ESTE DESENHO CONTÉM INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS PARA A FINALIDADE A QUE SE PROPÕE, E NÃO DEVE SER UTILIZADO PARA OUTROS FINS SEM CONSULTAR O RESPONSÁVEL TÉCNICO.

|   |            |   |                      |
|---|------------|---|----------------------|
| NOTAS:  |            |   |                      |
| 01-DESENHO REFERENCIADO NO SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM, DATUM SIRGAS 2000.  |            |   |                      |
| 02-A INDICAÇÃO DOS QUILÔMETROS EM PLANTA BAIXA FORAM DETERMINADOS EM FUNÇÃO DAS PLACAS E MARCAÇÕES EXISTENTES NA PISTA SENDO, PORTANTO, SUA REPRESENTAÇÃO NESTE DESENHO INDICATIVA. |            |   |                      |
| 03-ESTE DESENHO CONTÉM INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS PARA A FINALIDADE A QUE SE PROPÕE, E NÃO DEVE SER UTILIZADO PARA OUTROS FINS SEM CONSULTAR O RESPONSÁVEL TÉCNICO.                    |            |   |                      |
| CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PAPANDUVA  |            |   |                      |
| PROJETO: REGULARIZAÇÃO DE ACESSO MUNICIPAL  |            |   | REV. :               |
| LOCAL: Km 058+000 – PAPANDUVA / SC  |            |   |                      |
| RODOVIA: BR-116 / SC  |            |   | DATA: FEVEREIRO 2012 |
| TÍTULO: MAPA DE SITUAÇÃO PLANTA BAIXA km 058+000  |            | ESCALA: INDICADA                            | FOLHA Nº 01/01       |
| 0   | 06/03/2012 | ARISTIDE ANTONIO SONAGUO – CREA/SC 10.124-1 |                      |
| REV.  | DATA       | RESP. TÉCN./PROJETISTA                      |                      |

### **3.0 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO**

---

S/Escala



 LOCALIZAÇÃO DO PROJETO  
 MUNICÍPIO  
 SEDE DE DISTRITO  
 RODOVIA FEDERAL  
 DIVISA DO ESTADO  
 RODOVIA ESTADUAL  
 ESTRADA NÃO PAVIMENTADA

|  |                      |                |
|--|----------------------|----------------|
| CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PAPANDUVA |                      |                |
| PROJETO: REGULARIZAÇÃO DE ACESSO MUNICIPAL     |                      | REV. :         |
| LOCAL: Km 058+000 - PAPANDUVA / SC             |                      |                |
| RODOVIA: BR-116 / SC                           | DATA: FEVEREIRO 2012 |                |
| TÍTULO: LOCALIZAÇÃO PLANTA BAIXA<br>Km 058+000 | ESCALA: INDICADA     | FOLHA Nº 01/01 |

|      |            |   |
|------|------------|---|
| 0    | 06/03/2012 | ARISTIDE ANTONIO SONAGLIO - CREA/SC 10.124- |
| REV. | DATA       | RESP. T C./PROJETISTA                       |

#### **4.0 - ESTUDO DE TRAÇADO**

## **4.0 - ESTUDO DE TRAÇADO**

### **4.1 - Caracterização da Obra**

A obra de Infraestrutura pretendida com o Projeto de Engenharia Rodoviária de Regularização de Acesso, na BR-116/SC, no município de Papanduva, em local ilustrado na figura 4.1, tem como objetivo adequar à geometria do acesso as especificações do Manual de Acesso a Propriedades Marginais a Rodovias Federais do DNIT.



Figura 4.1 - Local onde está prevista a obra.

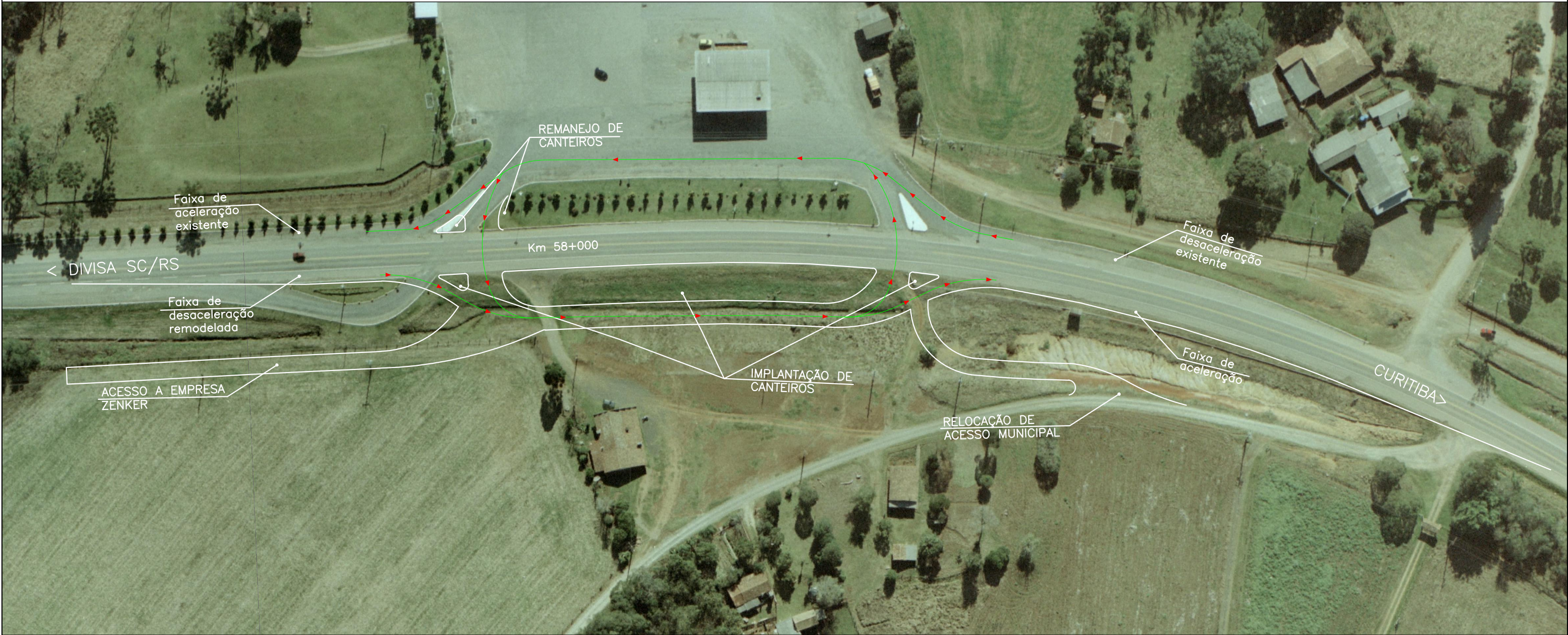
### **4.2 - Justificativa**

Devido à necessidade de adequar a geometria para melhorar as condições de tráfego para quem circula tanto no acesso como na rodovia, foi elaborado o presente estudo de traçado, fazendo com que haja segurança para os veículos que entram e saem do acesso à rodovia, para tanto está sendo prevista a implantação de faixa de desaceleração e aceleração e também implantação de canteiros para coordenar e dividir os fluxos.

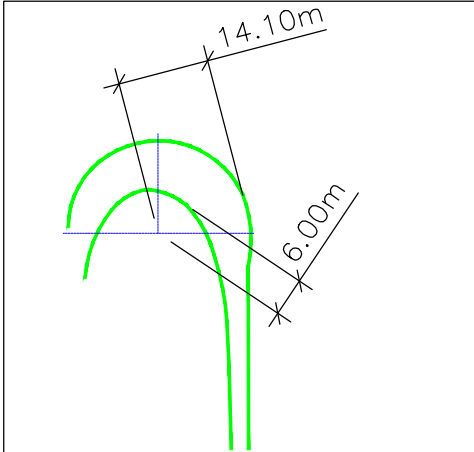
### **4.3 - Planta do Estudo de Traçado**

Na seqüência é apresentada a planta do estudo de traçado, o trecho projetado tem uma extensão de 500,00m e fica localizado próximo ao km 058,0 da rodovia BR-116/SC entre os km 057,700 e km 58,200.

ESTUDO DE TRAÇADO



VEÍCULO DE PROJETO "SR"



|   |            |  |                      |                |
|---|------------|--|----------------------|----------------|
| CONTRATANTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PAPANDUVA          |            |  | REV. :               |                |
| PROJETO: REGULARIZAÇÃO DE ACESSO MUNICIPAL              |            |  |                      |                |
| LOCAL: Km 058+000 – PAPANDUVA / SC                      |            |  |                      |                |
| RODOVIA: BR-116 / SC                                    |            |  | DATA: FEVEREIRO 2012 |                |
| TÍTULO: ESTUDO DE TRAÇADO<br>PLANTA BAIXA<br>Km 058+000 |            |  | ESCALA: INDICADA     | FOLHA Nº 01/01 |
| 0   | 06/03/2012 | ARISTIDE ANTONIO SONAGLIO – CREA/SC 10.124-1 |                      |                |
| REV.  | DATA       | RESP. TÉCN./PROJETISTA                       |                      |                |



## **5.0 - ESTUDO TOPOGRÁFICO**

## 5.0 - ESTUDO TOPOGRÁFICO

### 5.1 - Introdução

Topografia é a ciência que estuda todos os acidentes geográficos definindo a situação e a localização deles numa área qualquer. Tem a importância de definir as medidas de área, localização, loteamento, variações de nível e cubagem de terra.

O termo só se aplica às áreas relativamente pequenas, sendo utilizado o termo Geodésia quando se fala de áreas maiores.

### 5.2 - Desenvolvimento dos Serviços

Os estudos de topografia desenvolveram-se seguindo rigorosamente as orientações técnicas, e se direcionaram nas seguintes etapas:

- Amarração de todos os pontos de interesse:

Consiste no levantamento de pontos que caracterizam a área em questão, tais como posicionamento de postes, valas, caixas de inspeção, tubulações, rua existente, tipo de pavimento, taludes, acidentes geográficos, rios, edificações etc.

- Nivelamento e contra-nivelamento do eixo:



Tem por finalidade a verificação das cotas e a conferência deste cálculo na determinação dos níveis do local.



- Nivelamento das seções transversais:



Processo utilizado para a determinação das cotas dos diversos pontos que darão origem às curvas de nível e conseqüentemente o conhecimento da situação atual do local.

O levantamento topográfico foi executado com estação total, amarrados aos marcos V100 e V101, conforme monografia abaixo. Os elementos e dados coletados no campo foram processados no escritório, em computadores, através de programas específicos para a área de projetos, nas versões do AutoCAD 2012.

Os resultados destes processamentos foram formatados e apresentados em pranchas nas escalas compatíveis e adequadas à qualidade gráfica e visual para os estudos e projetos realizados.

|   |   |   |
|---|---|---|
| Nome da Estação: V100   |   | Obra / Ano: 844/08  |
| DADOS GERAIS  | SISTEMA DE PROJEÇÃO – UTM   | COORDENADAS   |
| Estado: Santa Catarina<br>Município: Papanduva<br>Linha:<br>Folha:<br>Foto/Faixa: 4030/31<br>Data: 06/2008  | Meridiano Central = 51 ° W<br>Origem N (Equador) =10000000 m<br>Origem E (MC 51 ° W) = 500000 m<br>K0 = 0.9996<br>DATUM H SIRGAS 2000<br>DATUM V Imituba/SC               | LAT. = 26° 22' 54.73851" S<br>LONG. = 50° 11' 25.02170" W<br>N = 7081771.529 m<br>E = 580772.359 m<br>H (ORTO.) = 820.102 m |
| Descrição: Marco de concreto, medindo 12 cm x 20 cm x 50 cm, encimado por chapa metálica, com as seguintes inscrições: V100 - PROTEGIDO POR LEI – AP PLANALTO – DATA 06/08 - ENGEFOTO CURITIBA. |   |   |
| FOTO AÉREA  | ITINERÁRIO  |   |
|   | O V100 está implantado na margem esquerda da Br116, sentido Curitiba a divisa com o Rio Grande do Sul, enfrente duas casas, no canteiro, após o marco quilométrico sc056. |   |
|   | Altitude ortométrica obtida por Mapa Geoidal.   |   |
| FOTO  |   |   |
|   |   |   |
| V099  |   |   |

|   |  |   |
|---|--|---|
| Nome da Estação: V101   |  | Obra / Ano: 844/08  |
| DADOS GERAIS  | SISTEMA DE PROJEÇÃO – UTM  | COORDENADAS   |
| Estado: Santa Catarina<br>Município: Papanduva<br>Linha:<br>Folha:<br>Foto/Faixa: 4032/31<br>Data: 06/2008  | Meridiano Central = 51 ° W<br>Origem N (Equador) =10000000 m<br>Origem E (MC 51 ° W) = 500000 m<br>K0 = 0.9996<br>DATUM H SIRGAS 2000<br>DATUM V Imituba/SC      | LAT. = 26°22' 45.33487" S<br>LONG. = 50°12' 30.40741" W<br>N = 7082072.088 m<br>E = 578962.264 m<br>H (ORTO.) = 825.079 m |
| Descrição: Marco de concreto, medindo 12 cm x 20 cm x 50 cm, encimado por chapa metálica, com as seguintes inscrições: V101 - PROTEGIDO POR LEI – AP PLANALTO – DATA 06/08 - ENGEFOTO CURITIBA. |  |   |
| FOTO AÉREA  | ITINERÁRIO   |   |
|   | O V101 está implantado na margem direita da Br116, sentido Curitiba a divisa com o Rio Grande do Sul, próximo a uma cerca, e próximo ao marco quilométrico sc060 |   |
|   | Altitude ortométrica obtida por Mapa Geoidal.  |   |
|   | FOTO   |   |
|   |    |   |
| V102  |  |   |

|   |  |   |
|---|--|---|
| Nome da Estação: V102   |  | Obra / Ano: 844/08  |
| DADOS GERAIS  | SISTEMA DE PROJEÇÃO – UTM  | COORDENADAS   |
| Estado: Santa Catarina<br>Município: Papanduva<br>Linha:<br>Folha:<br>Foto/Faixa: 4132/30<br>Data: 06/2008  | Meridiano Central = 51 ° W<br>Origem N (Equador) =10000000 m<br>Origem E (MC 51 ° W) = 500000 m<br>K0 = 0.9996<br>DATUM H SIRGAS 2000<br>DATUM V Imbituba/SC                         | LAT. = 26°22' 53.66429" S<br>LONG. = 50°12' 54.44142" W<br>N = 7081819.901 m<br>E = 578294.696 m<br>H (ORTO.) = 841.265 m |
| Descrição: Marco de concreto, medindo 12 cm x 20 cm x 50 cm, encimado por chapa metálica, com as seguintes inscrições: V102 - PROTEGIDO POR LEI – AP PLANALTO – DATA 06/08 - ENGEFOTO CURITIBA. |  |   |
| FOTO AÉREA  | ITINERÁRIO   |   |
|   | O V102 está implantado na margem direita da Br116, sentido Curitiba a divisa com o Rio Grande do Sul, ao lado do trevo de acesso a Canoinhas, e próximo ao marco quilométrico sc061. |   |
|   | Altitude ortométrica obtida por Mapa Geoidal.  |   |
| FOTO  |  |   |
|   |  |   |
| V101  |  |   |

## **6.0 - ESTUDO HIDROLÓGICO**

## **6.0 - ESTUDO HIDROLÓGICO**

### **6.1 – Introdução**

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos para determinar o regime pluviométrico da região do entorno da BR116/SC, município de Papanduva - SC, assim como a analisar as características das bacias hidrográficas e estimar as vazões de contribuição empregadas para na verificação da capacidade hidráulica para na verificação da capacidade hidráulica das obras de drenagem existentes e projetadas.

A coleta de dados, para a determinação das vazões das bacias hidrográficas com influência sobre a rodovia BR116/SC, foi feita junto à Agência Nacional de Águas – ANA, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina- EPAGRI/Ciram.

### **6.2 – Características Climáticas**

O estado de Santa Catarina está localizado na região de clima subtropical, com predominância da massa tropical atlântica, que provoca chuvas fortes. No inverno, tem frequência de penetração de frente polar, dando origem às chuvas frontais com precipitações devidas ao encontro da massa quente com a fria, onde ocorre a condensação do vapor de água atmosférico. As temperaturas médias variam bastante de acordo com o local: são mais baixas nas regiões serranas, com temperaturas amenas, esta variação sazonal do clima é bastante definida por causa da localização geográfica.

De acordo com o Sistema Internacional de Köppen, o clima da região de Papanduva classifica-se como Cfb, tendo como características: clima subtropical úmido, temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos e temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida.

Os valores médios da umidade relativa no Estado variam entre 73,4% e 85%, tendo assim amplitude de 11,6%.

Na distribuição espacial da isoígra (linha que liga pontos com a mesma umidade relativa do ar), o extremo oeste catarinense registra valores médios de 75%; o oeste e o planalto assinalam 80%, havendo aumento em direção ao litoral com 85%. De modo geral, a isoígra decresce do litoral para o interior.

### **6.3 – Características Geológicas / Geomorfológicas**

A geologia catarinense oscila de rochas vulcânicas a sedimentares e classifica-se em cinco grandes domínios: embasamento cristalino, coberturas vulcano-sedimentares (Eopaleozóicas), cobertura sedimentar gonduânica, rochas efusivas (formação da Serra Geral) e cobertura sedimentar quaternária.

O município de Papanduva está situado no Planalto Norte catarinense, que localiza-se no extremo norte de Santa Catarina. Apresenta relevo de colinas com pequena amplitude altimétrica, formando superfície regular, quase plana.

A costa da Serra Geral, que serve de limite em alguns setores entre o Patamar de Mafra e o Planalto dos Campos Gerais, corresponde a um desnível de 300 m normalmente. As altitudes médias são aproximadamente 750 m; as menores cotas são registradas junto ao sopé da cuesta da Serra Geral, em torno dos 650 m.

### **6.4 – Características Pluviométricas**

O estudo pluviométrico foi desenvolvido através da análise, de dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas referentes à Estação Pluviométrica Iracema, mantida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina e pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina- EPAGRI/Ciram, código de identificação 02650022, no período de 1983 a 2006.

A seguir apresentam-se os dados de chuva, nos períodos de observação, enfocando as alturas médias mensais de chuva com as respectivas alturas máximas e mínimas e o número médio de dias de chuva com os respectivos máximos e mínimos observados, para a estação selecionada.

Tabela 6.4 - Estação Pluviométrica Iracema

| SINOPSE DA PRECIPITAÇÃO |                          |                         |                          |                     |                           |                            |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|
| Mês                     | Precipitação Máxima (mm) | Precipitação Média (mm) | Precipitação Mínima (mm) | Nº de Dias de Chuva | Nº Médio de Dias de Chuva | Nº Mínimo de Dias de Chuva |
| Jan                     | 326,00                   | 174,69                  | 24,30                    | 314                 | 14                        | 4                          |
| Fev                     | 325,80                   | 172,80                  | 30,40                    | 317                 | 14                        | 6                          |
| Mar                     | 275,40                   | 130,91                  | 49,90                    | 238                 | 11                        | 5                          |
| Abr                     | 256,30                   | 101,43                  | 32,00                    | 200                 | 9                         | 3                          |
| Mai                     | 492,20                   | 138,06                  | 2,30                     | 178                 | 8                         | 1                          |
| Jun                     | 251,50                   | 124,25                  | 13,10                    | 173                 | 8                         | 2                          |
| Jul                     | 697,20                   | 140,30                  | 4,70                     | 189                 | 9                         | 1                          |
| Ago                     | 398,20                   | 104,91                  | 6,20                     | 154                 | 7                         | 2                          |
| Set                     | 313,90                   | 162,93                  | 27,60                    | 240                 | 11                        | 7                          |
| Out                     | 366,20                   | 165,27                  | 63,80                    | 261                 | 12                        | 6                          |
| Nov                     | 242,70                   | 119,73                  | 35,30                    | 224                 | 10                        | 5                          |
| Dez                     | 373,20                   | 177,08                  | 37,00                    | 278                 | 13                        | 4                          |

O gráfico a seguir, ilustra a variação da precipitação e dias de chuva mensais durante o ano.

Figura 6.4 - Histograma das precipitações mensais mínimas, máximas e médias, Papanduva - SC – Estação Iracema

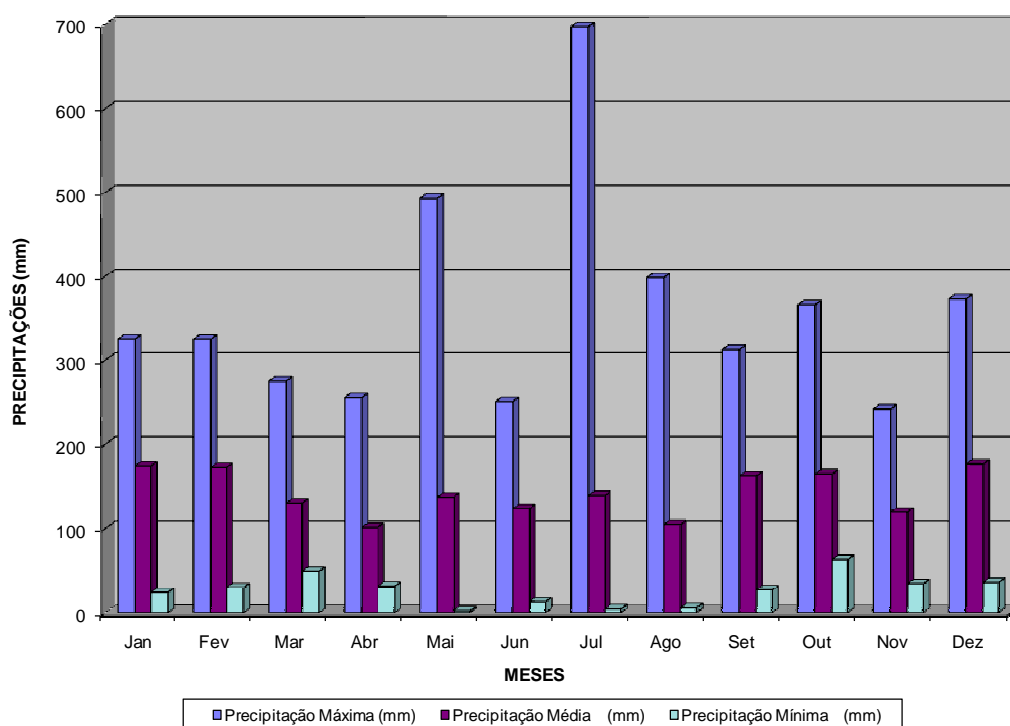
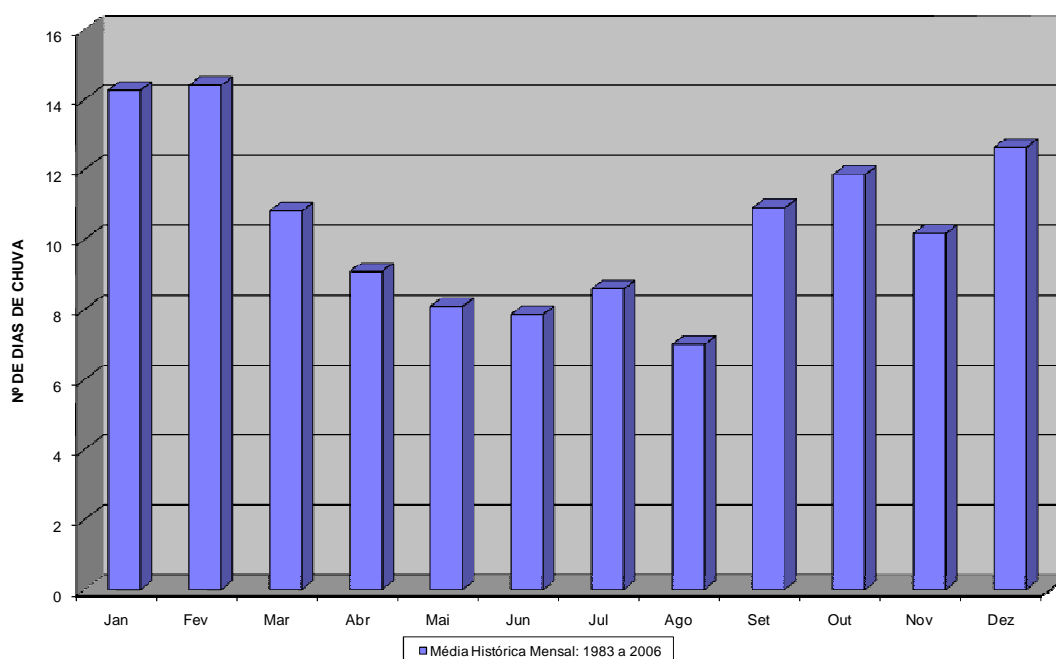


Figura 6.4.2 - Histograma de número de Dias de chuva médio mensal - Papanduva - SC – Estação Iracema



Uma análise da distribuição das chuvas totais médias mensais mostra que elas se comportam de uma forma relativamente uniforme ao longo de todo ano, com valores um pouco maiores durante os meses de setembro a março.

Assim, de acordo com a interpretação dos histogramas apontam-se as melhores épocas para a execução dos serviços de campo: entre os meses de abril a agosto.

Na tabela 6.4.2 é apresentado um resumo das máximas precipitações, nos períodos de observação da série histórica.

Tabela 6.4.2 - Resumo das Máximas Precipitações - Estação Iracema

| Ano  | Precipitação Total Anual (mm) | Máxima Precipitação Diária (mm) | Data   | Dias de chuva |
|------|-------------------------------|---------------------------------|--------|---------------|
| 1983 | 2501,10                       | 108,20                          | 20-mai | 167           |
| 1984 | 1716,10                       | 112,00                          | 6-ago  | 118           |
| 1985 | 986,90                        | 68,20                           | 1-set  | 90            |
| 1986 | 1564,60                       | 83,60                           | 4-dez  | 132           |
| 1987 | 1436,30                       | 62,00                           | 7-mai  | 132           |
| 1988 | 1469,60                       | 76,10                           | 21-nov | 104           |
| 1989 | 1716,00                       | 64,50                           | 28-fev | 127           |
| 1990 | 2268,30                       | 118,20                          | 13-dez | 142           |
| 1991 | 1496,80                       | 106,20                          | 21-jun | 107           |
| 1992 | 1738,50                       | 151,00                          | 29-mai | 120           |
| 1993 | 1894,40                       | 94,80                           | 14-mai | 131           |
| 1994 | 1817,00                       | 105,20                          | 12-mai | 130           |
| 1995 | 1816,60                       | 83,80                           | 7-jul  | 122           |
| 1996 | 2086,20                       | 87,60                           | 18-jun | 147           |
| 1997 | 2004,20                       | 86,80                           | 20-jun | 139           |
| 1998 | 2278,30                       | 96,20                           | 15-dez | 149           |
| 1999 | 1605,00                       | 102,20                          | 3-jul  | 128           |
| 2000 | 1918,00                       | 118,60                          | 25-dez | 124           |
| 2001 | 1673,00                       | 56,20                           | 5-fev  | 129           |
| 2002 | 1424,80                       | 57,60                           | 1-ago  | 133           |
| 2003 | 1318,10                       | 68,80                           | 23-dez | 100           |
| 2006 | 954,10                        | 62,20                           | 7-dez  | 95            |

Nota: dados não disponíveis para os anos 1985; 2000.

## 6.5 – Características Físicas das Bacias

As características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos que dão noção do comportamento hidrológico da mesma. Esses elementos físicos, que podem ser considerados flúvio-morfológicos constituem a mais conveniente possibilidade de conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico e a dinâmica fluvial dos cursos de água.

A bacia de drenagem funciona como coletor de águas pluviais, recolhendo-as e conduzindo-as, como escoamento, ao exutório. É assim que o relevo, a forma, a rede de drenagem, a declividade, a cobertura vegetal e a natureza do solo da bacia condizionarão, no espaço e no tempo, a relação precipitação-vazão nos cursos de água.

O município possui grande potencial hidrográfico, é também um divisor de águas, nascente do Rio Itajaí do Norte.

## **6.6 – Modificações Futuras**

A região cortada pelo segmento em estudo encontra-se, quase em sua totalidade, em área rural, sem tendência de modificação, não alterando assim suas características com relação a coeficientes de escoamento e deflúvio.

## **6.7 – Estudo realizado**

Para a verificação das vazões e do dimensionamento hidráulico dos novos dispositivos (drenagem superficial), foram adotados as seguintes considerações e métodos para cálculo da descarga:

- Área contribuinte é igual ou inferior a 50 ha - Método Racional;
- Área contribuinte entre 50 e 100 ha - Método Racional Modificado.

Como as áreas aqui estudadas são inferiores a 100 há não serão apresentados os métodos dos hidrogramas e estatísticos.

## **6.8 – Intensidade Média de Precipitação**

As relações de intensidade, duração e recorrência, podem ser determinadas a partir de equação de chuvas intensas.

Na área de interesse do projeto, será utilizada a tabela de intensidade-duração-frequencia (idf) para a região de Monte Castelo por se tratar de um município próximo da região e apresentar comportamento compatível.

Tabela 6.8 - IDF – Monte Castelo

| <b>Tc<br/>(min)</b> | <b>Intensidade de chuva<br/>(mm/h)</b> |                |                |                |                 |
|---------------------|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                     | <b>5 anos</b>                          | <b>10 anos</b> | <b>20 anos</b> | <b>50 anos</b> | <b>100 anos</b> |
| <b>5</b>            | 138,8                                  | 155,8          | 172,1          | 196,7          | 212,8           |
| <b>10</b>           | 110,2                                  | 123,7          | 136,7          | 156,2          | 169             |
| <b>15</b>           | 95,2                                   | 106,9          | 118,1          | 135            | 146             |
| <b>20</b>           | 82,7                                   | 92,8           | 102,5          | 117,1          | 126,7           |
| <b>25</b>           | 74,3                                   | 83,4           | 92,1           | 105,3          | 113,9           |
| <b>30</b>           | 68,0                                   | 76,4           | 84,4           | 96,4           | 104,3           |
| <b>60</b>           | 46,0                                   | 51,6           | 57             | 65,1           | 70,5            |
| <b>360</b>          | 13,1                                   | 14,7           | 16,3           | 18,6           | 20,1            |
| <b>480</b>          | 10,7                                   | 12,0           | 13,2           | 15,1           | 16,4            |
| <b>600</b>          | 9,0                                    | 10,1           | 11,1           | 12,7           | 13,8            |
| <b>720</b>          | 7,8                                    | 8,7            | 9,6            | 11,0           | 11,9            |
| <b>1440</b>         | 4,6                                    | 5,1            | 5,7            | 6,5            | 7,0             |

Esta tabela foi apresentada na dissertação de mestrado de Nerilton Nerilo, aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, em 1999 e publicada no livro Chuvas intensas no estado de Santa Catarina pela editora da UFSC.

## 6.9 – Tempo de Recorrência

O tempo de recorrência ou período de retorno é o período de tempo médio (medido em anos) em que um determinado evento (chuva) deve ser igualado ou superado pelo menos uma vez.

Os períodos de recorrência, para os quais deverão ser dimensionados os dispositivos de drenagem, serão determinados em função da importância e segurança da obra, custo de restauração/reconstrução em caso de dano e comparativo de custo da obra para os diversos tipos tempos de recorrência.

Os tempos de recorrência a serem utilizados no projeto obedecem à seguinte tabela:

- Drenagem superficial 10 anos;
- Galerias de águas pluviais 10 anos;
- Galerias celulares 25 anos;

## 6.10 – Tempo de Concentração

É o intervalo de tempo da duração da chuva necessário para que toda a bacia hidrográfica passe a contribuir para a vazão na seção de drenagem. Seria também o tempo de percurso, até a seção de drenagem, de uma porção da chuva caída no ponto mais distante da bacia.

O tempo de concentração depende de diversas características fisiográficas na bacia hidrográfica, mas as mais frequentes na formulação empírica são o comprimento e a declividade do talvegue principal.

Para determinação do tempo de concentração foi adotada a fórmula proposta pelo Califórnia Highways and Public Works estabelecida por Kirpich:

$$t_c = 57 \times (L^3/H)^{0,385}$$

Onde:

$t_c$  = tempo de concentração, em minutos;

L = comprimento do talvegue, em quilômetros;

H = desnível em metros.

Qualquer que seja o método de cálculo das descargas, o tempo de concentração mínimo a ser considerado é de 5 minutos.

## 6.11 – Determinação da Vazão pelo Método Racional

A aplicação deste método pressupõe as seguintes hipóteses:

- A chuva possui distribuição homogênea sobre a bacia;
- A chuva possui intensidade constante ao longo do tempo;
- A duração da chuva é igual ou superior ao tempo de concentração da bacia;
- O coeficiente de escoamento superficial é constante em toda a bacia e independe da intensidade de chuva, mantendo-se constante ao longo do tempo.

A equação do Método Racional é dada por:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6}$$

onde:

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

I = intensidade média de precipitação, em mm/h;

A = área drenada em km<sup>2</sup>;

C = coeficiente de escoamento superficial, adimensional.

## 6.12 – Determinação da Vazão pelo Método Racional Modificado

O Método Racional Modificado utiliza as mesmas hipóteses do Método Racional associado a um coeficiente de distribuição, cujo significado busca corrigir a precipitação pontual para a precipitação uniformemente distribuída pela área, dada pela expressão:

$n = A^{-0,1}$ , onde:

n – coeficiente de distribuição

A – área da bacia em km<sup>2</sup>

Assim, a equação do Método Racional Modificado será dada por:

$$Q = \frac{C \times I \times A \times n}{3,}$$

## 6.13 – Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial também conhecido como “run-off” (C) é a variável do Método Racional menos suscetível de determinações mais precisas e requer, portanto, muitos cuidados quando da sua seleção. Seu uso na equação implica numa relação fixa para qualquer área de drenagem. Na realidade isso não acontece. O coeficiente engloba os efeitos de infiltração, armazenamento por detenção, evaporação, retenção, encaminhamento das descargas e interceptação, efeitos esses que afetam a distribuição cronológica e a magnitude do pico de deflúvio superficial direto.

Este coeficiente é determinado em função dos tipos de solo existentes na área de projeto, o tipo de cobertura das edificações, bem como a declividade do terreno na bacia. Os valores foram definidos através da análise da tabela a seguir.

Tabela 6.13 – Valores de “C”

| <b>Tipo de Área de Drenagem</b>                    | <b>Coeficiente C</b> |
|--|----------------------|
| <b>Áreas Comerciais</b>                            |                      |
| Áreas Centrais                                     | 0,70 – 0,95          |
| Áreas de bairros                                   | 0,50 – 0,70          |
| <b>Áreas Residenciais</b>                          |                      |
| Residenciais Isoladas                              | 0,35 – 0,50          |
| Unidades múltiplas, separadas                      | 0,40 – 0,60          |
| Unidades múltiplas, conjugadas                     | 0,60 – 0,75          |
| Áreas com lotes de 2.000 m <sup>2</sup> ou maiores | 0,30 – 0,45          |
| Áreas suburbanas                                   | 0,25 – 0,40          |
| Áreas com prédios de apartamentos                  | 0,50 – 0,70          |
| <b>Áreas Industriais</b>                           |                      |
| Áreas com ocupação esparsa                         | 0,50 – 0,80          |
| Área com ocupação densa                            | 0,60 – 0,90          |
| <b>Ruas</b>  |                      |
| Revestimento Asfáltico                             | 0,70 – 0,95          |
| Revestimento de concreto                           | 0,80 – 0,95          |
| Revestimento Primário                              | 0,70 – 0,85          |
| Parques e Cemitérios                               | 0,10 – 0,25          |
| <b>Áreas sem Melhoramentos</b>                     |                      |
| Solo arenoso, declividade baixa < 2%               | 0,05 – 0,10          |
| Solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%      | 0,10 – 0,15          |
| Solo arenoso, declividade alta > 7%                | 0,15 – 0,20          |
| Solo argiloso, declividade baixa < 2%              | 0,15 – 0,20          |
| Solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%     | 0,20 – 0,25          |
| Solo argiloso, declividade alta > 7%               | 0,25 – 0,30          |

## **7.0 - ESTUDO GEOTÉCNICO**

## 7.1 - Introdução

O Estudo Geotécnico objetivou o detalhamento das condições do subleito, visando à caracterização qualitativa e quantitativa das condicionantes e problemas geotécnicos existentes, para fins de dimensionamento do pavimento. A Figura 7.1 ilustra o aspecto da região próxima ao trecho de projeto.

Para o estudo geotécnico do presente trecho, foi previsto:

- Coleta de amostra para ensaios laboratoriais de caracterização e compactação com determinação do ISC, denominada AM-01.



Figura 7.1 - Aspecto da região próxima ao trecho de projeto.

Os resultados do Estudo Geotécnico estão dispostos no relatório, como segue:

- Planilhas dos ensaios de laboratório (análise granulométrica, limites de liquidez e plasticidade, compactação, expansibilidade e Índice de Suporte Califórnia) da amostra coletada.
- Considerações e conclusões sobre o solo.

## 7.2 - Ensaios de Caracterização e Compactação

Os ensaios de caracterização e compactação dos solos seguiram as metodologias especificadas nas normas listadas abaixo:

- NBR 6457 Amostras de Solo - Preparação para ensaios de compactação e de caracterização;
- NBR 7181 Solo - Análise Granulométrica;
- NBR 6459 Solo - Determinação do Limite de Liquidez;
- NBR 7180 Solo - Determinação do Limite de Plasticidade;
- DNER - ME 49/74 - Compactação do Solo com Determinação do ISC e da Expansibilidade.

Tabela 7.1 - Descrição da amostra ensaiada.

| Amostra | Descrição                                    | Ponto de coleta                  |
|---------|--|----------------------------------|
| AM01    | Areia argilosa com pedras variegada (marrom) | Próximo ao km 058,0 da BR-116/SC |

Na sequência são apresentadas as planilhas com os cálculos e os relatórios de ensaio, como mostra resumo na Tabela 7.2:

- a) Análise granulométrica simples;
- b) Curva granulométrica;
- c) Limite de Plasticidade e Liquidez;
- d) Ensaio de compactação;
- e) Ensaio de expansibilidade;
- f) Ensaio de ISC.

Tabela 7.2 - Planilha resumo dos ensaios.

| AMOSTRA        |                        | AM01  |
|----------------|------------------------|-------|
| GRANULOMETRIA  | Pedregulho(%)          | 7,15  |
|                | Areia Grossa(%)        | 2,72  |
|                | Areia Média (%)        | 12,97 |
|                | Areia Fina(%)          | 30,97 |
|                | Passa na # 200(%)      | 46,19 |
| LL             |                        | 33    |
| LP             |                        | 19    |
| IP             |                        | 14    |
| PROCTOR NORMAL | Massa Esp. Máx. Seca   | 1,684 |
|                | Umidade Ótima(%)       | 18,41 |
|                | Expansão(%) - r. seco  | 1,54  |
|                | Expansão(%) - $h_{ót}$ | 0,89  |
|                | Expansão(%) - r. úmido | 0,39  |
|                | ISC - r. seco          | 10,0  |
|                | ISC - $h_{ót}$         | 6,1   |
|                | ISC - r. úmido         | 1,2   |

### 7.3 - Classificação dos Solos

A classificação de solos, para fins de engenharia civil, deve ser feita tanto pela granulometria como pela plasticidade. As classificações mais utilizadas são:

- Sistema Rodoviário de Classificação;
- Sistema Unificado de Classificação dos Solos - SUCS.

O sistema rodoviário, conforme mostra Tabela 7.3 é muito empregado em todo o mundo nas obras de engenharia rodoviária, sendo que a sua classificação é baseada na granulometria e nos limites de Atteberg.

Tabela 7.3 - Classificação dos Solos pelo Sistema Rodoviário.

| Classes       |         | Grupos | Comportamento como base ou pavimento                           | Principais características                              | Classificação das amostras |
|---------------|---------|--------|--|---|----------------------------|
| Solos grossos |         | A-1    | Ótimo  | Bem graduado<br>Bom ligante                             | -                          |
|               |         | A-2    | Satisfatório   | Mal graduado c/ finos                                   | -                          |
|               |         | A-3    | Precário quanto ao ligante<br>Bom como base                    | Sem finos<br>Elasticidade                               | -                          |
| Solos finos   | Siltes  | A-4    | Precário quanto ao inchamento devido às chuvas                 | Siltes e argilas de baixa plasticidade                  | -                          |
|               |         | A-5    | Contra indicado totalmente como base<br>Tolerado como sub-base | Siltes elásticos  | -                          |
|               | Argilas | A-6    | Contra indicado como base ou sub-base                          | Argilas inorgânicas de média e alta plasticidade        | AM-01                      |
|               |         | A-7    | Empregado só com finalidades específicas                       | Grande maioria de argilas inorgânicas e solos orgânicos | -                          |
| Turfa         |         | A-8    | Imprestáveis   | Solos orgânicos   | -                          |

O Sistema de Classificação Unificado, segundo Tabela 7.4 foi elaborado pelo professor Casagrande, inicialmente para emprego em obras de aeroporto. Na atualidade é muito utilizado pelos profissionais de geotecnia que trabalham com barragens de terra. Sua classificação também é baseada nos limites de Atteberg e na granulometria do solo.

Tabela 7.4 - Classificação dos solos pelo Sistema Unificado.

| Tipos                                   | Classes   | Símbolos | Designação característica   | ISC     | Amostras     |
|---|---|----------|---|---------|--------------|
| Solos grossos 50% $\phi > 0,1\text{mm}$ | Pedregulhos 50% da parte grossa $\phi > 4,8\text{mm}$ | G.W.     | Pedregulhos ou misturas bem graduadas de areia e pedregulho, sem ou com poucos finos.       | > 50    | -            |
|   |   | G.C.     | Pedregulhos com finos. Misturas bem graduadas de pedregulho, areia e argila.                | > 40    | -            |
|   |   | G.P.     | Pedregulho fino ou misturas mal graduadas de areia e pedregulho, s/ ou c/ pouco finos.      | 25 - 60 | -            |
|   |   | G.M.     | Pedregulhos siltosos, mistura de areia e silte mal graduados.                               | > 20    | -            |
|   | Areias 50% da parte grossa $\phi < 5\text{mm}$        | S.W.     | Areias ou misturas de areias pedregulhosas bem graduadas sem ou com poucos finos.           | 20 - 60 | -            |
|   |   | S.C.     | Areias argilosas. Mistura bem graduada de areia-silte e argila.                             | 20 - 60 | <b>AM-01</b> |
|   |   | S.P.     | Areias finas ou mistura de areia pedregulhosa e silte mal graduadas, s/ ou c/ poucos finos. | 10 - 30 | -            |
|   |   | S.M.     | Areias siltosas, misturas argilo-siltosas mal graduadas.                                    | 8 - 30  | -            |
| Solos finos 50% $\phi < 0,1\text{mm}$   | Pouco compressíveis LL < 50                           | M.L.     | Siltes inorgânicos e areias finas argilosas ou siltosas de baixa plasticidade.              | 6 - 25  | -            |
|   |   | O.L.     | Siltes orgânicos e misturas silte-argila com matéria orgânica.                              | 4 - 15  | -            |
|   |   | C.L.     | Argilas de plasticidade baixa - argilas arenosas ou siltosas magras.                        | 3 - 8   | -            |
|   | Muito compressíveis LL > 50                           | M.H.     | Solos siltosos micáceos ou ditomáceos. Siltes elásticos.                                    | < 7     | -            |
|   |   | O.H.     | Argilas orgânicas de alta plasticidade.   | < 6     | -            |
|   |   | C.H.     | Argilas inorgânicas de alta plasticidade.   | < 4     | -            |

Na tabela 7.5 é apresentada a classificação da amostra de solo ensaiada com base nestes dois sistemas.

Tabela 7.5 - Classificação das amostras ensaiadas.

| Amostra | Sistema Rodoviário | Sistema Unificado | Descrição                                    |
|---------|--------------------|-------------------|--|
| AM-01   | A-6                | S.C.              | Areia argilosa com pedras variegada (marrom) |

#### 7.4 - Conclusões

Com base nos ensaios realizados e também por inspeção visual, o solo existente no local foi classificado como areia argilosa.

A amostra apresentou resultados de ISC (ramo seco) de 10,0%, ISC (ramo úmido) de 1,2% e ISC (ótimo) igual a 6,1%; a expansão ficou em 0,89%.

Conforme resultados, será utilizado CBR = 6% para o dimensionamento do pavimento.

Todo o solo caracterizado com CBR inferior a 6% deverá ser removido e substituído em espessura mínima de camada da ordem de 50,0cm, para a posterior execução do pavimento, estando o acompanhamento quanto ao controle geométrico e geotécnico de responsabilidade da Fiscalização da Obra.

As características mínimas exigidas para o subleito do pavimento projetado serão:

- $\text{CBR} \geq 6\%$ ;
- $\text{expansão} \leq 2\%$ .

## **8.0 - ESTUDO DE TRÁFEGO**

## 8.1 - Volume de Tráfego

Os projetos de pavimentos são dimensionados para um período de tempo “P” em anos, considerando o tráfego inicial e previsão do tráfego final. O tráfego vai aumentando com o passar do tempo e para isto é previsto um crescimento de tráfego, que pode ser em progressão aritmética ou geométrica. Para o projeto em questão foi adotado um período de projeto de 10 anos e uma taxa de crescimento linear de 5%.

A contagem de veículos que irão trafegar no segmento projetado foi determinada através de planilha de tráfego realizada no local, no km 058,0 da rodovia federal BR-116/PR. A referida planilha está apresentada na tabela 8.1.

No estudo de tráfego em questão, consideramos o ano 02 para o cálculo do nosso  $V_0$  (volume médio diário de tráfego para ano de projeto) e o ano 12 para o cálculo do nosso  $V_p$  (Volume para o 10º ano de abertura do tráfego).

Tabela 8.1 - Tabela de Projeção de Tráfego (parte 1/3)

| Veículo           | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Passeio 2 eixos   | 3.635 | 3.812 | 4.038 | 4.245 | 4.450 | 4.666 | 4.891 | 5.128 | 5.360 |
| Comercial 2 eixos | 479   | 502   | 532   | 559   | 586   | 614   | 644   | 675   | 706   |
| Passeio 3 eixos   | 9     | 9     | 10    | 11    | 11    | 12    | 12    | 13    | 13    |
| Comercial 3 eixos | 1.320 | 1.384 | 1.466 | 1.542 | 1.616 | 1.694 | 1.776 | 1.862 | 1.947 |
| Passeio 4 eixos   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| Comercial 4 eixos | 101   | 106   | 112   | 118   | 123   | 129   | 136   | 142   | 149   |
| Comercial 5 eixos | 849   | 890   | 943   | 991   | 1.039 | 1.090 | 1.142 | 1.198 | 1.252 |
| Comercial 6 eixos | 710   | 745   | 789   | 829   | 869   | 911   | 955   | 1.002 | 1.047 |

Tabela 8.1 - Tabela de Projeção de Tráfego (parte 2/3)

| Veículo           | Ano 10 | Ano 11 | Ano 12 | Ano 13 | Ano 14 | Ano 15 | Ano 16 | Ano 17 | Ano 18 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Passeio 2 eixos   | 5.603  | 5.857  | 6.123  | 6.401  | 6.671  | 6.954  | 7.248  | 7.555  | 7.874  |
| Comercial 2 eixos | 738    | 771    | 806    | 843    | 878    | 915    | 954    | 995    | 1.037  |
| Passeio 3 eixos   | 14     | 15     | 15     | 16     | 17     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Comercial 3 eixos | 2.035  | 2.127  | 2.224  | 2.324  | 2.423  | 2.525  | 2.632  | 2.743  | 2.860  |
| Passeio 4 eixos   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| Comercial 4 eixos | 155    | 162    | 170    | 177    | 185    | 193    | 201    | 209    | 218    |
| Comercial 5 eixos | 1.309  | 1.368  | 1.430  | 1.495  | 1.558  | 1.624  | 1.693  | 1.764  | 1.839  |

|                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Comercial 6 eixos | 1.095 | 1.144 | 1.196 | 1.250 | 1.303 | 1.358 | 1.416 | 1.476 | 1.538 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Tabela 8.1 - Tabela de Projeção de Tráfego (parte 3/3)

| Veículo           | Ano 19 | Ano 20 | Ano 21 | Ano 22 | Ano 23 | Ano 24 | Ano 25 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Passeio 2 eixos   | 8.160  | 8.456  | 8.763  | 9.080  | 9.410  | 9.751  | 10.105 |
| Comercial 2 eixos | 1.074  | 1.113  | 1.154  | 1.195  | 1.239  | 1.284  | 1.330  |
| Passeio 3 eixos   | 20     | 21     | 22     | 22     | 23     | 24     | 25     |
| Comercial 3 eixos | 2.963  | 3.071  | 3.182  | 3.298  | 3.417  | 3.541  | 3.670  |
| Passeio 4 eixos   | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| Comercial 4 eixos | 226    | 234    | 243    | 252    | 261    | 270    | 280    |
| Comercial 5 eixos | 1.906  | 1.975  | 2.047  | 2.121  | 2.198  | 2.277  | 2.360  |
| Comercial 6 eixos | 1.594  | 1.652  | 1.712  | 1.774  | 1.838  | 1.905  | 1.974  |

Os valores de tráfego informados na tabela 8.1 correspondem à movimentação total da Rodovia no km 058,0/SC.

Para o estudo em questão foram utilizados apenas os veículos comerciais e apenas um sentido de fluxo dos veículos.

Na estimativa para dimensionamento foi utilizada uma porcentagem de 30% do valor do tráfego em um sentido porque no local das intervenções não haverá o mesmo tráfego do que na via principal da rodovia.

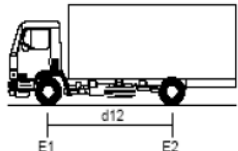
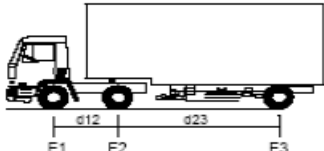

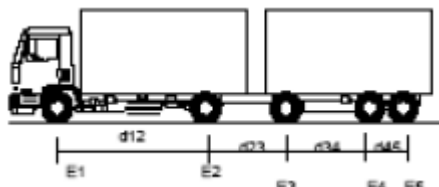
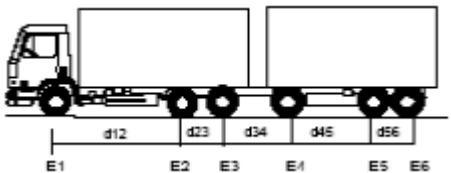
Desta maneira, o tráfego foi estimado como segue na planilha 8.2.

Tabela 8.2 - Veículos adotados para fins de projeto.

| Veículo           | VMD ano 0 de projeto (ano 2 da projeção) |                          |                         | VMD ano 10 de projeto (ano 12 da projeção) |                          |                         |
|-------------------|--|--------------------------|-------------------------|--|--------------------------|-------------------------|
|                   | Projeção Autopista                       | Projeção para um sentido | Estimativa para Cálculo | Projeção Autopista                         | Projeção para um sentido | Estimativa para Cálculo |
| Comercial 2 eixos | 502                                      | 251                      | <b>76</b>               | 806  | 403                      | <b>121</b>              |
| Comercial 3 eixos | 1384                                     | 692                      | <b>208</b>              | 2224                                       | 1112                     | <b>334</b>              |
| Comercial 4 eixos | 106                                      | 53                       | <b>16</b>               | 170  | 85                       | <b>26</b>               |
| Comercial 5 eixos | 890                                      | 445                      | <b>134</b>              | 1430                                       | 715                      | <b>215</b>              |
| Comercial 6 eixos | 745                                      | 373                      | <b>112</b>              | 1196                                       | 598                      | <b>180</b>              |

Para fins de classificação e cálculo do fator de carga, foi realizada a seguinte separação dos veículos, como mostra a Tabela 8.3.

Tabela 8.3 - Veículos adotados para fins de projeto.

| Veículo           | Caracterização                 | Classe | Peso    | Nº eixos | Figura  |
|-------------------|--------------------------------|--------|---------|----------|---|
| Comercial 2 eixos | Caminhão                       | 2C     | 16,00tf | 2        |    |
| Comercial 3 eixos | Caminhão trator + semi-reboque | 2S1    | 26,00tf | 3        |    |
| Comercial 4 eixos | Caminhão trator + semi-reboque | 2S2    | 33,00tf | 4        |    |
| Comercial 5 eixos | Caminhão + reboque             | 2C3    | 43,00tf | 5        |   |
| Comercial 6 eixos | Caminhão trucado + reboque     | 3C3    | 45,00tf | 6        |  |

### 8.1.1 - Determinação de “V<sub>m</sub>”

Chamando de V<sub>1</sub> o tráfego, no primeiro ano do período de projeto (primeiro ano de operação do pavimento) e V<sub>p</sub> o tráfego no último ano desse período, tem-se:

$$V_m = (V_1 + V_p) / 2$$

Chamando de V<sub>o</sub> o tráfego atual, tem-se:

$$V_o = VMD$$

O tráfego no primeiro ano do período de projeto, admitindo um ano de obras, será:

$$V_1 = V_o [ 1 + ( t/100 ) ]$$

t = taxa de crescimento linear do tráfego, adotada como sendo 5% ao ano.

O tráfego, no último ano do período de projeto “P”, será:

$$V_P = V_1 [ 1 + ( t \times P / 100) ]$$

No caso do projeto, adotamos  $V_p$  como sendo o VMD do ano 12 da projeção de tráfego recebida da Autopista Planalto Sul, considerado o 10º ano de projeto.

## 8.2 - Fatores de Cargas

A conversão do tráfego misto em um número equivalente de operações de um eixo considerado padrão é efetuada aplicando-se os chamados Fatores de Equivalência de Cargas (FEC). Estes fatores permitem converter uma aplicação de um eixo solicitado por uma determinada carga em um número de aplicações do eixo-padrão que deverá produzir um efeito equivalente.

As cargas dos veículos causam deflexões nas camadas do pavimento e alteram o estado de tensões e deformações. Cada carga provoca um efeito destrutivo e reduz a vida remanescente do pavimento. Diferentes configurações de eixos e cargas produzem deflexões diferenciadas, que reduzem a vida remanescente do pavimento de diversas maneiras. Os fatores de equivalência de carga por eixo são utilizados para fazer conversões das várias possibilidades de carga por eixo em números de eixo-padrão.

Os conceitos adotados nos diversos métodos para a definição da equivalência de cargas são os mais variados, e não dependem exclusivamente do eixo-padrão considerado.

Assim, por exemplo, o Método de Projeto do DNIT adota um eixo-padrão de 8,2t, sendo os fatores de equivalência de carga aqueles desenvolvidos pelo Corpo de Engenheiros do Exército Norte-americano (USACE). As expressões para cálculo dos fatores de equivalência de carga são apresentadas na Tabela 8.4.

Tabela 8.4 - Fatores de equivalência de carga do USACE.

| Tipo de eixo  | Faixa de cargas (tf) | Equações (P em tf)                              |
|---------------|----------------------|---|
| Eixo Simples  | 0 - 8                | $FEC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$ |
|               | $\geq 8$             | $FEC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$ |
| Tandem duplo  | 0 - 11               | $FEC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,4720}$ |
|               | $\geq 11$            | $FEC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,4840}$ |
| Tandem triplo | 0 - 18               | $FEC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$ |
|               | $\geq 18$            | $FEC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$ |

Obs: FEC = Fator de Equivalência para a carga "P" em relação ao eixo padrão de 8,2 tf.

### **8.2.1 - Fator de Eixo**

Coeficiente que, multiplicado pelo volume total de tráfego comercial que solicita o pavimento durante o período de projeto, fornece a estimativa do número de eixos que solicitam o pavimento no mesmo período. É um fator que transforma o tráfego em número de veículos padrão no sentido dominante em número de passagens de eixos equivalentes.

Para tanto, calcula-se o número de conjunto de eixos dos tipos de veículos que passarão pela via. É dado pela fórmula abaixo:

$$FE = \sum (n_j \times VMD) / \sum (VMD)$$

Onde:  $n_j$  = número de conjunto de eixos

VMD = volume médio diário anual

### **8.2.3 - Fator de Carga**

É o coeficiente que, multiplicado pelo número de eixos que circulam, dá o número equivalente de eixos padrões (sob o ponto de vista destrutivo do pavimento), dado pela fórmula abaixo:

$$FC = \sum (n_j \times FEC) / \sum (n_j)$$

Onde:  $n_j$  = número de conjunto de eixos

### **8.2.4 - Fator de Veículo**

É o coeficiente que, multiplicado pelo volume total de tráfego comercial que solicita o pavimento durante o período de projeto, fornece o número equivalente de operações do eixo simples padrão no mesmo período, dado pela fórmula abaixo:

$$FV = FE \times FC$$

### **8.2.5 - Fator Climático Regional**

Coeficiente utilizado para considerar as variações de umidade às quais os materiais constituintes do pavimento estão sujeitos durante as estações do ano, e que influem diretamente na capacidade de suporte dos mesmos. É sugerido para o Brasil o valor  $FR=1,0$ .

### 8.3 - Número N

O número “N” é um parâmetro para o dimensionamento do pavimento flexível, e é definido pelo número de repetições de um eixo-padrão de 8,2 t (18.000 lb ou 80 kN), durante o período de vida útil definido em projeto.

Para determinar o número N é necessário se conhecer o tráfego dos veículos, volume médio diário de tráfego, período de vida útil, fatores de veículo e climáticos. Sendo assim o número de operações do eixo-padrão (N) é calculado pela seguinte fórmula:

$$N = 365 \times V_m \times P \times FV \times FR$$

Onde:

- 365 = número de dias de um ano;
- $V_m$  = volume médio diário de tráfego, no ano médio do período de projeto;
- P = período de projeto, adotado como sendo de 10 anos;
- FV = fator de veículo;
- FR = fator climático regional.

Na determinação do Número “N” foram considerados apenas os veículos comerciais, como sendo os únicos veículos existentes na corrente de tráfego. Justifica-se pelo fato de que os automóveis apresentam um efeito muito pequeno em função de seu peso muito baixo.

O número N calculado é  $N = 3,0 \times 10^7$ , prevendo-se no futuro médio, um fluxo de veículos, os cálculos do estudo de tráfego estão apresentados na seqüência.

## **9.0 - PROJETO GEOMÉTRICO**

## 9.0 - PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi desenvolvido tendo como parâmetros os preceitos estabelecidos pelo DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes), sendo sua concepção e geometria apresentada no Volume 2 deste trabalho.

Foi estabelecido 1 eixo geométrico para a definição do projeto, com extensão total de 560 metros.

### 9.1 - Definição da Planta

Com os dados obtidos no levantamento topográfico e com o emprego do software Topograph foram geradas as plantas planialtimétricas. Essas plantas definiram o traçado em planta com a determinação do eixo de locação e a implantação do estaqueamento de 20 em 20 metros.

### 9.2 - Definição do Greide

Com o perfil do terreno gerado pelo software AutocadCivil 3D e as limitações dos níveis do bordo de pista, definiram-se as rampas e concordâncias verticais do greide acabado de pavimentação. Esse greide forneceu subsídios ao desenvolvimento das Notas de Serviço e do Projeto de Terraplenagem.

### 9.3 - Geometria Projetada

A geometria selecionada para a realização do projeto de regularização de acesso comercial é apresentada no Volume 2. O Projeto Geométrico foi desenvolvido com base no eixo geométrico, como mostra tabela 9.1.

Tabela 9.1 – Extensão do eixo.

| Eixo | Estaca Inicial | Estaca Final | Extensão |
|------|----------------|--------------|----------|
| Eixo | 057+600m       | 058+200m     | 600m     |

O eixo de projeto tem 600m de extensão e largura variável, como pode ser observado no projeto geométrico.

Utilizando-se tabelas do Manual do DNIT de Projeto de Interseções (2005), foi verificada a seguinte configuração para o comprimento da faixa de desaceleração:

- velocidade diretriz: 80km/h.
- velocidade de segurança na curva de saída: 40km/h.

- inclinação do perfil longitudinal:  $\leq 2\%$ .
- comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper: de 100m.
- comprimento taper: 70m.

Para o comprimento da faixa de aceleração:

- velocidade diretriz: 80km/h.
- velocidade de segurança na curva de saída: 40km/h.
- inclinação do perfil longitudinal:  $\leq 2\%$ .
- comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper: de 180m.
- comprimento taper: 70m.

#### **9.4 - Apresentação dos Resultados**

A geometria pode ser visualizada no projeto geométrico, constante no volume 2 do Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária para regularização de Acesso na Rodovia BR-116/SC onde se evidencia toda a concepção do projeto, através de planta baixa, perfis longitudinais e seções transversais para cada estaca.

Tanto o alinhamento do eixo como as notas de serviço para locação das seções transversais e os parâmetros relativos ao traçado horizontal e vertical estão apresentados na seqüência deste relatório.

Os parâmetros geométricos projetados referem-se ao greide de pavimento acabado.

## **10.0 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM**

## **10.0 - PROJETO DE TERRAPLENAGEM**

O Projeto de Terraplenagem foi desenvolvido a partir de informações fornecidas pelos seguintes projetos e estudos:

- Estudo Topográfico: determinação do greide de terraplenagem.
- Estudo Geotécnico: determinação da capacidade estrutural do solo.
- Projeto Geométrico: fixou os elementos geométricos básicos.
- Projeto de Pavimentação: determinou as camadas e espessura da estrutura do pavimento asfáltico flexível.

Constituindo-se de: cálculo e cubação do movimento de solo, análise de viabilidade do material e detalhes das seções transversais tipo, devendo sempre se observar as conclusões geotécnicas constantes neste volume.

### **10.1 - Serviços Preliminares**

Compreendem os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza. Deverão ser executados em conformidade com a especificação DNER ES-278/97.

### **10.2 - Cortes**

Deverão ser executados de acordo com a especificação DNER ES-280/97. Será executada a escavação dos materiais constituintes do terreno natural, solos de elevada expansão e baixa capacidade de suporte.

Sempre que houver necessidade de escavação, como no caso de solos de elevada expansão e baixa capacidade de suporte, será precedido de execução dos serviços de desmatamento, destocamento e limpeza nos locais indicados, previamente, pela fiscalização. Os serviços de corte e regularização do corpo estradal existente serão realizados com o emprego de equipamentos de corte tipo escavadeiras hidráulicas, tratores de esteira, moto niveladoras e caminhões para o transbordo de materiais.

Todo material gerado na escavação, exceto os que venham a ser utilizados em aterro, será destinado para área de bota-fora ao longo da rodovia.

### **10.3 - Aterro**

Serão executados de acordo com a especificação DNER ES-282/97. O aterro deverá ser executado em camadas sucessivas, que permitam o seu umedecimento e compactação, sendo que a espessura da camada não deverá ser maior que 30cm.

### **10.4 - Cálculo dos Volumes**

Definidas as características geométricas dos segmentos, das seções tipos e através do programa computacional Topograph, são geradas automaticamente superfícies de projeto e seções transversais com áreas de cortes e aterros calculadas.

Com as áreas calculadas utilizando-se também do programa computacional Topograph, são geradas automaticamente as Planilhas de Volumes para cortes e aterros e as Notas de Serviço para a locação da terraplenagem.

## **11.0 - PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL**

## **11.0 - PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL**

### **11.1 - Introdução**

O desenvolvimento do Projeto de Drenagem contempla soluções e dispositivos dimensionados para condução e descarga orientada das águas superficiais, de forma a se adequar às características de ocupação dos espaços lindeiros.

O projeto de drenagem pluvial subdivide-se em: drenagem de grotas ou de transposição de talvegues, drenagem superficial, drenagem profunda ou subterrânea, drenagem do pavimento e drenagem urbana.

As obras de drenagem que fazem parte do Projeto Executivo de Engenharia Rodoviária para regularização de Acesso na Rodovia BR-116/SC, compreendem:

- Drenagem superficial: que está relacionada ao dimensionamento de calhas, caixas coletoras de sarjeta, valas de drenagem, caixa de ligação, boca de bueiro, tubulação de drenagem sobre lastro de brita.

### **11.2 - Drenagem Superficial**

A drenagem superficial engloba dispositivos de captação, condução e descarga das águas pluviais precipitadas sobre a superfície do pavimento conduzindo-as para valas e ou caixas coletoras.

No Projeto de Drenagem Pluvial (Superficial) do Acesso da BR-116/SC tem-se:

- VPA-01 – Valeta de proteção de aterro;
- SCC-03 - Sarjeta de canteiro central;
- EDA - Entrada para Descida de Água, tipo 02;
- CCS-01 - Caixa coletora de sarjeta, tipo 01, com grelha de concreto;

Para captação das águas incididas sobre a pista e margens foram projetadas sarjetas de drenagem e caixa coletora de sarjeta. Além de economia nos custos, temos também o desempenho hidráulico destas sarjetas, que em virtude da baixa declividade utilizada torna possível se obter a vazão necessária de escoamento.

#### **11.2.1 - Dimensionamento das Tubulações**

Os cálculos foram desenvolvidos com a utilização da fórmula de *Manning*, empregada para o dimensionamento em regimes uniformes.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Onde:

- Q = descarga em m<sup>3</sup>/s.
- S = área da seção molhada em m<sup>2</sup>.
- n = coeficiente de rugosidade, sendo n = 0,015 para o concreto.
- R = raio hidráulico da seção em m.
- P = perímetro molhado em m.
- i = declividade do fundo da galeria em m/m.

O projeto de galerias de águas pluviais pelo método racional, adota os seguintes princípios:

- numa galeria de águas pluviais temos as condições de escoamento como conduto livre, em regime permanente e uniforme;
- quando a seção da galeria tem a forma circular, ela funciona à plena seção. No caso de seção retangular deve-se garantir a condição de conduto livre, admitindo uma lâmina d'água de 82% do diâmetro;
- o diâmetro ou a dimensão mínima é de 40cm, para evitar entupimentos; exceto onde houver ligação com boca de lobo;
- a velocidade mínima à plena seção é de 0,30 m/s;
- a velocidade máxima permissível será de 6,00 m/s para evitar erosão excessiva.
- as dimensões da galeria não devem decrescer na direção de jusante, mesmo que, com o aumento da declividade, um conduto de menores dimensões tenha capacidade adequada;
- a declividade da galeria, tanto quanto possível, deve ser igual a do terreno para termos menos escavação. Muitas vezes é conveniente usar galeria de menor dimensão empregando declividade maior que a do terreno, por ser mais econômico a despeito do aumento da escavação;
- na junção das galerias as geratrizes superiores terão a mesma cota.

### 11.2.2 - Execução das Tubulações

Os tubos deverão ser assentados conforme detalhado no projeto de drenagem e deverão atender a especificação do DNIT 023/2004-ES.

As valas, para receberem os tubos, deverão ser escavadas respeitando o alinhamento e cotas indicadas no projeto. As profundidades mínimas de escavação para implantação de tubulação seguem na tabela abaixo:

Tabela 11.1 - Profundidades mínimas de escavação.

| Diâmetro da tubulação | Profundidade mínima |
|-----------------------|---------------------|
| 40 cm                 | 1,00 m              |
| 60 cm                 | 1,20 m              |
| 80 cm                 | 1,60 m              |
| 100 cm                | 1,60 m              |
| 120 cm                | 1,80 m              |
| 150 cm                | 2,10 m              |

A largura da vala será igual ao diâmetro externo do coletor, acrescido de 0,40m, sendo que essa dimensão poderá ser aumentada ou diminuída de acordo com as condições do terreno ou em face de outros fatores que se apresentarem na ocasião.

O assentamento da tubulação deverá seguir rigorosamente a abertura de vala, observando-se o afastamento da parede da mesma com o tubo, no sentido da jusante para a montante, com a bolsa voltada para a montante.

No assentamento da tubulação deverá ser empregado o processo da cruzeta ou topográfico, para o perfeito alinhamento das valas indicadas no projeto, ou seja, alinhamento em planta e perfil.

Antes da execução de qualquer junta, deverá ser promovida a limpeza das extremidades dos tubos.

A tubulação assentada com as bolsas voltadas para montante deverá ter as juntas recobertas por rejuntamento com argamassa de cimento - areia, no traço 1:4 (em volume), externamente no semicírculo superior dos tubos.

O reaterro somente será realizado após liberação da fiscalização, devidamente apiloado manualmente até a cobertura dos tubos e, mecanicamente no restante, em camadas de no máximo 0,30m.

### **11.2.3 - Capacidade de Escoamento das Vias**

Para o cálculo da capacidade de escoamento das sarjetas, adotou-se uma seção típica de escoamento e empregou-se a fórmula de Manning modificada por Izzard. Uma vez calculada a capacidade teórica multiplicou-se seu valor de redução que leva em conta a possibilidade de

obstrução de sarjetas de pequena declividade por material sedimentável e também o risco para pedestres em sarjetas com grande velocidade.

#### **11.2.4 - Caixas Coletoras**

As caixas coletoras destinam-se a captação e condução das águas oriundas das sarjetas de corte ou canteiro central, nas descidas d'água em corte, bem como servirão para deságüe de drenos subterrâneos, onde estes se fizerem presentes.

As caixas coletoras executadas junto à pista/ canteiros serão protegidas por grelhas de concreto.

#### **11.2.5 - Sarjetas**

Sob o ponto de vista estritamente hidráulico, se for efetuado um estudo entre as diversas formas que as sarjetas possam ter, a escolha recairá sobre as seções trapezoidais. Todavia, levando-se em conta critérios de segurança para o tráfego, tendo em vista as pequenas larguras do acostamento, aspectos funcionais de execução, e manutenção e aspectos econômicos, pois haverá necessidade de revestimento em todas as sarjetas devido à natureza dos solos encontrados.

Portanto, levando em consideração todas as condicionantes: capacidade hidráulica, custo do dispositivo, vazão estimada e solo local, foram adotadas as seguintes sarjetas:

- Sarjeta Triangular de Concreto - STC 02 - (Padrão DNIT);
- Sarjeta Triangular de Concreto - STC 04 - (Padrão DNIT);

### **11.3 - Especificações**

- DNIT 018/2004 - ES - Drenagem - Sarjetas e Valetas de Drenagem
- DNIT 020/2004 - ES - Drenagem - Meios-fios e guias
- DNIT 021/2004 - ES - Drenagem - Entradas e descidas d'água
- DNIT 023/2004 - ES - Drenagem - Bueiros tubulares de concreto
- DNIT 026/2004 - ES - Drenagem - Caixas Coletoras

## **12.0 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**

## 12.0 - PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

O pavimento é uma estrutura com uma ou mais camadas, com características para receber as cargas aplicadas na superfície e distribuí-las, de maneira que as tensões resultantes fiquem abaixo das tensões admissíveis dos materiais que constituem a estrutura.

### 12.1 - Pavimento Flexível

O pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem uma deformação elástica sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. A Figura 12.1 ilustra todas as camadas possíveis para a estrutura de um pavimento flexível.

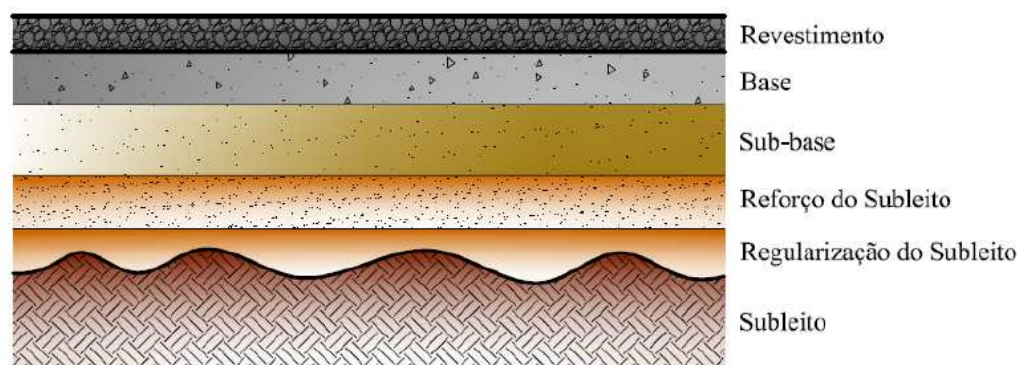


Figura 12.1 - Camadas de um pavimento flexível.

Todas as camadas têm a função de resistir e distribuir os esforços verticais, com a exceção do subleito que deve absorver definitivamente esses esforços. Quanto mais superior estiver a camada, maiores serão as suas características tecnológicas na medida em que maiores serão as solicitações incidentes.

O trecho de projeto do acesso à rodovia, foi dimensionado, tendo como base o estudo geotécnico (condições do solo), onde estão sendo previstas as seguintes camadas: revestimento, base e sub-base.

#### 12.1.1 - Subleito

É o terreno de fundação do pavimento. Apenas a camada próxima da superfície (aproximadamente 1,5m de profundidade) é considerada subleito, pois, à medida que se aprofunda no maciço, as pressões exercidas pelo tráfego são reduzidas a ponto de serem consideradas desprezíveis.

### **12.1.2 - Regularização ou Preparo do Subleito**

É a camada de espessura irregular, construída sobre o subleito e destinada a conformá-lo, transversal e longitudinalmente, de acordo com o projeto geométrico.

Deve ser executada preferencialmente em aterro evitando cortes em material já compactado pelo tráfego de anos e substituição de uma camada já compactada naturalmente por outra a ser compactada.

O preparo do subleito pode comprometer todo o trabalho de pavimentação, caso não seja executado corretamente, principalmente com relação ao grau de compactação exigido.

### **12.1.3 - Reforço do Subleito**

É uma camada de espessura constante, construída, acima da regularização. A simples utilização do reforço do subleito indica um pavimento de elevada espessura advindo de um subleito de má qualidade, ou de um subleito de condições regulares associado a um tráfego intenso e pesado.

Na maioria dos casos, o material constituinte do reforço é um solo argiloso selecionado, de boas a excelentes características físicas e elevada resistência.

### **12.1.4 - Sub-base**

Camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. A sub-base, além de funções estruturais, apresenta outras secundárias como:

- prevenir a intrusão ou bombeamento do solo (que depende da frequência de cargas pesadas, presença de solo de granulometria fina que possa ser carregado pela água e presença de água livre no pavimento, geralmente oriunda de infiltrações) do subleito na base, levando o pavimento à ruína;
- prevenir o acúmulo de água livre no pavimento;
- proporcionar uma plataforma de trabalho para os equipamentos pesados utilizados na fase de construção do pavimento.

A sub-base deve ter: estabilidade, capacidade de suporte, ótima capacidade drenante e reduzida suscetibilidade às variações volumétricas. Tem sido mais freqüente o emprego de materiais granulares ou estabilizados na sub-base.

#### **12.1.5 - Base**

É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. A base deve reduzir as tensões de compressão no subleito e na sub-base a níveis aceitáveis, de modo a minimizar ou eliminar as deformações de consolidação e cisalhamento no subleito e/ou sub-base.

Além disso, deve garantir que a magnitude das tensões de flexão no revestimento não o leve ao trincamento prematuro. Portanto, as especificações para os materiais dessa camada são mais rigorosas em termos de resistência, plasticidade, graduação e durabilidade.

#### **12.1.6 - Revestimento**

É a camada final do pavimento, fica na superfície e recebe diretamente a ação do tráfego, tem como função melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste.

É importante que os revestimentos sejam adequadamente compactados durante a construção, evitando-se defeitos posteriores como afundamento nas trilhas de rodas, desagregação e deterioração devido ao excesso de infiltração de água.

### **12.2 - Dimensionamento do Pavimento Asfáltico - Método do DNER**

O método do DNER baseia-se na capacidade de suporte (CBR) do subleito e dos materiais integrantes do pavimento, no número de repetições do eixo padrão (número N) determinado no estudo de tráfego e nos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais adotados coerentemente com os resultados da pista experimental da AASHTO.

#### **12.2.1 - Características dos Materiais**

Para o dimensionamento das camadas é necessário se conhecer as características dos materiais, classificados conforme o coeficiente de equivalência estrutural que é a razão da espessura granular para uma unidade de espessura do material considerado. A Tabela 12.1 fornece seus valores.

Tabela 12.1 - Coeficientes de equivalência estrutural.

| Componentes do pavimento                             |  | K   |
|--|--|-----|
| Revestimentos e bases betuminosas                    | Concreto betuminoso usinado a quente   | 2,0 |
|  | Pré-misturado a quente   | 1,7 |
|  | Pré-misturado a frio   | 1,4 |
|  | Macadame betuminoso de penetração  | 1,2 |
| Camadas granulares (não cimentadas, não betuminosas) | Base de macadame hidráulico  | 1,0 |
|  | Base estabilizada granulometricamente (solo, mistura de solos, solo-brita, brita graduada) |     |
|  | Base de solo melhorado com cimento   |     |
|  | Sub-base estabilizada granulometricamente  |     |
|  | Sub-base de solo melhorado com cimento   |     |
|  | Reforço de subleito  |     |
| Solo-cimento   | Rcs, 7 dias, superior a 45 kgf/cm <sup>2</sup>   | 1,7 |
|  | Rcs, 7 dias, entre a 45 e 28 kgf/cm <sup>2</sup>   | 1,4 |
|  | Rcs, 7 dias, entre 28 e 21 kgf/cm <sup>2</sup>   | 1,2 |

Nas camadas do pavimento o material a ser utilizado deve ter certas características, como segue:

- sub-base: os materiais para sub-base devem possuir CBR maior ou igual a 20%, índice de grupo igual a 0, e expansão menor ou igual a 1%;
- base: para esta camada os materiais devem apresentar um CBR maior ou igual a 80%, uma expansão menor ou igual a 0,5%, limite de liquidez menor ou igual a 25% e índice de plasticidade menor ou igual a 6%.

### 12.2.2 - Dimensionamento das Camadas

Conforme mostra o Estudo de Tráfego, o número (parâmetro de contagem de tráfego) considerado foi  **$N = 3,0 \times 10^7$** . Conforme Estudo Geotécnico, **CBR do subleito = 6%**.

Para o dimensionamento da estrutura do pavimento flexível, deste projeto, foram utilizadas as seguintes equações:

$$R K_r + B K_b > H_{20} \quad (1)$$

$$R K_r + B K_b + h_{20} K_s > H_m \quad (2)$$

Onde:

- R = espessura real da camada de rolamento
- B = espessura real da camada de base
- $h_{20}$  = espessura real da camada de sub-base
- $K_r$  = coeficiente estrutural da camada de rolamento
- $K_b$  = coeficiente estrutural da camada de base
- $K_s$  = coeficiente estrutural da camada de sub-base

- $H_{20}$  = espessura estrutural do pavimento necessária acima da sub-base
- $H_m$  = espessura estrutural do pavimento necessária acima do subleito

Os  $H$ 's (espessura da soma das camadas, situadas sobre camada de material com CBR específico) são obtidos através da formulação:

$$H = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot CBR^{-0,598} \quad (3)$$

Dessa forma, temos:

- $H_{20}$  = 30cm obtido com CBR = 20% da camada de sub-base;
- $H_m$  = 61cm obtido com CBR = 6% do subleito.

Utilizando os parâmetros mencionados, foi dimensionado o pavimento, sendo as espessuras das camadas do pavimento demonstradas na Tabela 12.2, como segue.

Tabela 12.2 - Resultado do dimensionamento para espessura das camadas.

| CAMADA       | MATERIAL       | ESPESSURA                  |
|--------------|----------------|----------------------------|
| Revestimento | CAUQ           | <b>2 camadas de 3,5 cm</b> |
| Base         | Brita Graduada | <b>16 cm</b>               |
| Sub-base     | Macadame Seco  | <b>32 cm</b>               |

No quadro de quantidades foi previsto um item relacionado ao remendo profundo do pavimento. Serão removidos os 23cm superficiais do pavimento, havendo a recomposição por 16cm de base em brita graduada e 02 camadas de CAUQ 3,5cm.

### 12.3 - Especificações

- DNER-ES 299/97 - Pavimentação - Regularização do subleito;
- DNER-ES 301/97 - Pavimentação - Sub-base estabilizada granulometricamente.
- DNER-ES 303/97 - Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente;
- DNER-ES 306/97 - Pavimentação - Imprimação;
- DNER-ES 307/97 - Pavimentação - Pintura de ligação;
- DNIT 031/2006 - ES - Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico;

## **13.0 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO**

## **13.0 - PROJETO DE SINALIZAÇÃO**

### **13.1 - Considerações**

O projeto de sinalização foi desenvolvido segundo as orientações e recomendações preconizadas nas Especificações e Normas dos seguintes manuais:

- “Manual de Sinalização Rodoviária” - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, edição 1999.
- “Sinalização Horizontal” - Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, edição 2007.

O projeto de sinalização definiu os dispositivos empregados na sinalização horizontal, dimensão de largura e extensões de faixas e tachões, localização e necessidade de intervenções.

Quanto à sinalização vertical, o projeto definiu as dimensões de placas e suas respectivas localizações garantindo uma maior fluidez, segurança e conforto ao tráfego.

O projeto de sinalização que consta no volume 2 do relatório, mostra os desenhos e detalhes dos dispositivos de sinalização.

A sinalização horizontal é composta de: faixa de divisão de fluxos no mesmo sentido, legendas, marcação de áreas de pavimentação não utilizáveis (zebrado), tachões e tachas.

A sinalização vertical contém placas de regulamentação, placas de advertência e marcadores de obstáculos.

As placas serão totalmente refletivas com película Grau Técnico e as demarcações em pista serão realizadas com aplicação tinta base acrílica, através do processo de aspersão, durabilidade 2 anos.

A sinalização deverá ser executada conforme as seguintes especificações:

- DNER-ES 340/97 - Sinalização vertical;
- DNER-ES 339/97 - Sinalização horizontal.

## **14.0 - QUADRO DE QUANTIDADES**

| PLANILHA QUANTITATIVO   |                |            |
|---|----------------|------------|
| DESCRIÇÃO DO SERVIÇO  | UNID.          | QUANTIDADE |
| <b>TERRAPLENAGEM</b>  |                |            |
| 2 S 01 000 00 - Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diam. até 0,15 m           | m <sup>2</sup> | 3.010.00   |
| 3.S.01.200.00 - Escavação e carga mat. jazida (consv)                       | m <sup>3</sup> | 2.776.00   |
| 2 S 01 100 22 - Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 a 200m                 | m <sup>3</sup> | 44.30      |
| 2 S 01 511 00 - Compactação de aterro a 100% do PN                          | m <sup>3</sup> | 2.776.00   |
| <b>PAVIMENTAÇÃO</b>   |                |            |
| 2 S 02 110 00 - Regularização do subleito                                   | m <sup>2</sup> | 1.507.00   |
| 2 S 02 231 50 - Fornecimento e Execução de Camada de macadame seco (e=32cm) | m <sup>3</sup> | 482.24     |
| 2 S 02 230 50 - Base de Brita Graduada Simples (e=16 cm)                    | m <sup>3</sup> | 241.12     |
| 2 S 02 300 00 - Imprimação  | m <sup>2</sup> | 2.417.00   |
| 2 S 02 400 00 - Pintura de ligação  | m <sup>2</sup> | 3.924.00   |
| 2 S 02 540 51 - CBUQ - capa rolamento AC/BC - (e=7cm)                       | m <sup>3</sup> | 151.01     |
| <b>DRENAGEM</b>   |                |            |
| 2 S 04 001 00 - Escavação mecânica de vala em mat.1a cat.                   | m <sup>3</sup> | 55.00      |
| 2 S 03 940 01 - Reaterro e compactação                                      | m <sup>3</sup> | 60.00      |
| 2 S 04 942 52 - Entrada d'água - EDA 02 AB/BC                               | unid           | 2.00       |
| 2 S 04 940 51 - Descida d'água tipo rap.calha concreto-DAR 01AC/BC          | m              | 6.00       |
| 2 S 04 990 52 - Transposição de segmentos de sarjetas-TSS 02 AC/BC          | unid           | 6.00       |
| 2 S 04 401 01 - Valeta prot.aterros c/revest. vegetal - VPA 01              | m              | 115.00     |
| 2 S 04 910 53 - Meio-fio de concreto - MFC 03 AC/BC                         | m              | 469.00     |
| 2 S 04 901 21 - Sarjeta canteiro central concreto - SCC 03 AC/BC            | m              | 149.00     |
| 2 S 04 930 01 - Caixa coletora de sarjeta - CCS 01                          | unid           | 1.00       |
| <b>OBRAS COMPLEMENTARES</b>   |                |            |
| 2 S 05 100 00 - Enleivamento  | m <sup>2</sup> | 1.278.00   |
| <b>SINALIZAÇÃO</b>  |                |            |
| 4 S 06 100 31 - Pintura faixa-tinta b.acrílica emuls. água -2 anos          | m <sup>2</sup> | 145.32     |
| 4 S 06 100 22 - Pintura setas e zebrado - tinta b.acrílica -2 anos          | m <sup>2</sup> | 15.60      |
| 4 S 06 120 01 - Forn. e colocação de tacha reflet. monodirecional           | unid           | 90.00      |
| 4 S 06 121 01 - Forn. e colocação de tacha reflet. Bidirecional             | unid           | 280.00     |
| 4 S 06 200 02 - Forn. e implantação placa sinaliz. tot.refletiva            | m <sup>2</sup> | 2.37       |

| PLANILHA QUANTITATIVO ORÇAMENTÁRIA  |       |                                      | Data base:           | fev/12               |
|---|-------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| DESCRIÇÃO DO SERVIÇO  | UNID. | QUANTIDADE                           | Preço Unit.<br>(R\$) | Valor Total<br>(R\$) |
| TERRAPLENAGEM   |       |                                      |                      | <b>31.347,48</b>     |
| 2 S 01 000 00 - Desm. dest. limpeza áreas c/arv. diam. até 0,15 m           | m²    | 3.010.00                             | 0.29                 | 872.90               |
| 3.S.01.200.00 - Escavação e carga mat. jazida (consv)                       | m³    | 2.776.00                             | 7.82                 | 21.708.32            |
| 2 S 01 100 22 - Esc. carga transp. mat 1ª cat DMT 50 a 200m                 | m³    | 44.30                                | 3.00                 | 132.90               |
| 2 S 01 511 00 - Compactação de aterro a 100% do PN                          | m³    | 2.776.00                             | 3.11                 | 8.633.36             |
| PAVIMENTAÇÃO  |       |                                      |                      | <b>135.817,21</b>    |
| 2 S 02 110 00 - Regularização do subleito                                   | m²    | 1.507.00                             | 0.72                 | 1.085.04             |
| 2 S 02 231 50 - Fornecimento e Execução de Camada de macadame seco (e=32cm) | m³    | 482.24                               | 92.82                | 44.761.52            |
| 2 S 02 230 50 - Base de Brita Graduada Simples (e=16 cm)                    | m³    | 241.12                               | 66.41                | 16.012.78            |
| 2 S 02 300 00 - Imprimação  | m²    | 2.417.00                             | 2.00                 | 4.834.00             |
| 2 S 02 400 00 - Pintura de ligação  | m²    | 3.924.00                             | 1.50                 | 5.886.00             |
| 2 S 02 540 51 - CBUQ - capa rolamento AC/BC - (e=7cm)                       | m³    | 151.01                               | 418.78               | 63.237.87            |
| DRENAGEM  |       |                                      |                      | <b>27.620,34</b>     |
| 2 S 04 001 00 - Escavação mecânica de vala em mat.1a cat.                   | m³    | 55.00                                | 5.37                 | 295.35               |
| 2 S 03 940 01 - Reaterro e compactação                                      | m³    | 60.00                                | 28.67                | 1.720.20             |
| 2 S 04 942 52 - Entrada d'água - EDA 02 AB/BC                               | unid  | 2.00                                 | 44.48                | 88.96                |
| 2 S 04 940 51 - Descida d'água tipo rap.calha concreto-DAR 01AC/BC          | m     | 6.00                                 | 141.76               | 850.56               |
| 2 S 04 990 52 - Transposição de segmentos de sarjetas-TSS 02 AC/BC          | unid  | 6.00                                 | 178.11               | 1.068.66             |
| 2 S 04 401 01 - Valeta prot.aterros c/revest. vegetal - VPA 01              | m     | 115.00                               | 98.99                | 11.383.85            |
| 2 S 04 910 53 - Meio-fio de concreto - MFC 03 AC/BC                         | m     | 469.00                               | 26.04                | 12.212.76            |
| 2 S 04 901 21 - Sarjeta canteiro central concreto - SCC 03 AC/BC            | m     | 149.00                               | 35.57                | 5.299.93             |
| 2 S 04 930 01 - Caixa coletora de sarjeta - CCS 01                          | unid  | 1.00                                 | 1.170.00             | 1.170.00             |
| OBRAS COMPLEMENTARES  |       |                                      |                      | <b>9.214,38</b>      |
| 2 S 05 100 00 - Enleivamento  | m²    | 1.278.00                             | 7.21                 | 9.214.38             |
| SINALIZAÇÃO   |       |                                      |                      | <b>7.795,18</b>      |
| 4 S 06 100 31 - Pintura faixa-tinta b.acrílica emuls. água -2 anos          | m²    | 145.32                               | 15.65                | 2.274.26             |
| 4 S 06 100 22 -Pintura setas e zebrado - tinta b.acrílica -2 anos           | m²    | 15.60                                | 17.87                | 278.77               |
| 4 S 06 120 01 - Forn. e colocação de tacha reflet. monodirecional           | unid  | 90.00                                | 11.43                | 1.028.70             |
| 4 S 06 121 01 - Forn. e colocação de tacha reflet. Bidirecional             | unid  | 280.00                               | 12.53                | 3.508.40             |
| 4 S 06 200 02 - Forn. e implantação placa sinaliz. tot.refletiva            | m²    | 2.37                                 | 297.49               | 705.05               |
|   |       |                                      |                      |                      |
|   |       |                                      |                      |                      |
|   |       |                                      |                      |                      |
|   |       | <b>TOTAL GLOBAL DA OBRA &gt;&gt;</b> |                      | <b>215.029,55</b>    |

## **15.0 - CARACTERIZAÇÃO FOTOGRÁFICA**



Pista norte – Vista da pista sentido Curitiba



Pista norte – Vista da pista sentido Curitiba



Pista sul – vista da pista sentido Rio Grande do Sul



Pista sul – vista da pista sentido Rio Grande do Sul

## **16.0 - ANEXOS**

## **16.2 – ART (RESPONSÁVEL TÉCNICO)**

### **16.3 – LICENCIAMENTO AMBIENTAL**