ESTADO DE SANTA CATARINA

MUNICÍPIO DE PIRATUBA

Projeto: Pavimentação Asfáltica
Especificações Técnicas

Local: Estrada Municipal Rota das Águas
Acesso a Nova Beleza

1.0 APRESENTAÇÃO

O presente projeto contém as metodologias e critérios utilizados na elaboração do projeto e informações gerais para a execução da obra de pavimentação asfáltica da estrada vicinal Rota das Águas, rodovia municipal que dá acesso à comunidade Nova Beleza.

Neste empreendimento será executada uma pavimentação asfáltica com CBUQ sobre uma base granular. A extensão total do trecho que será pavimentado é de **1.878,53** metros.

2.0 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Acesso a comunidade Nova Beleza, Interior, Piratuba, Santa Catarina.

3.0 ESTUDOS REALIZADOS

3.1. ESTUDO DE TRÁFEGO

O Estudo de Tráfego foi desenvolvido com base nas informações repassadas pela Prefeitura Municipal de Piratuba e teve por objetivo caracterizar o tráfego existente e previsto para o trecho, durante toda a vida útil do projeto, fornecendo os parâmetros e embasamentos a serem empregados no dimensionamento das soluções de geometria, pavimentação, sinalização e outros.

Para a estimativa do volume de tráfego atual e futuro no trecho, foram tomados valores para o número de eixos padrão que circularão no trecho com base em autodeclaração fornecida pelo município, tendo como número $N=1x10^5$, possuindo um tráfego de até 200 veículos/dia (VMD) sendo até 10% de veículos de carga/comercial.

3.2. ESTUDO TOPOGRÁFICO

O estudo topográfico do trecho foi desenvolvido pela equipe de agrimensura própria e abrangeu os seguintes serviços:

- Implantação de rede de marcos de coordenadas básicas;
- Elaboração de poligonais fechadas dos marcos;
- Nivelamento e contra-nivelamento dos marcos;
- Cadastro de propriedades e benfeitorias;
- Cadastro de cursos d'água e valas, cercas, muros, postes, meios fios, estrada existente, pontes, etc.;
- Levantamento de bueiros existentes e dispositivos de drenagem.

3.3. ESTUDO GEOLÓGICO

Os estudos geológicos objetivam caracterizar o segmento sob o aspecto das ocorrências geológicas, identificar possíveis jazidas e pedreiras a serem utilizadas, além de fornecer subsídios para a elaboração dos projetos geométrico, de terraplenagem, drenagem, pavimentação e meio ambiente.

3.3.1. Caracterização geológica da região

O trecho em foco está localizado na Região Geográfica Meio Oeste do Estado de Santa Catarina, no Planalto Catarinense, desenvolvendo-se integralmente nos domínios da Formação Serra Geral.

A geologia do oeste de Santa Catarina é relativamente monótona, pois há uma nítida predominância das rochas constituintes da Formação Serra Geral. Esta formação se caracteriza por derrames basálticos com suas feições típicas, podendo apresentar ou não, no seu topo, rochas mais ácidas constituídas por riodacitos.

3.3.2. Caracterização geológica local

A estrada inicia no trevo de acesso a Nova Beleza, e o trecho que receberá a pavimentação se dará a partir deste até a comunidade Nova Beleza, numa extensão de 1.878,53 m, desenvolvendo-se em região ondulada até a finalização do trecho. A elevação máxima de 702,23 m ocorre na estaca E-00 do Trecho 01, e a menor elevação ocorre na estaca E-1+ 10,00 do Trecho 3, com a cota de 559,69 m.

A espessura de solo é pequena, variando de 0,50m a 2,00m, predominando o tipo argilo-siltoso ou argilo-arenoso, residual de rochas basálticas.

Na estrada existente os cortes são em sua maioria em seção mista, apresentam taludes em solo com alturas variáveis. Não há ocorrências de instabilidades de taludes ou encostas e nem problemas de fundações de aterros.

3.4. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos objetivam a identificação, a determinação das características físico-mecânicas e a classificação dos materiais constituintes dos cortes e outras ocorrências de materiais destinados aos serviços de terraplenagem e pavimentação, fornecendo ainda informações sobre a presença e altura do lençol freático, com vistas ao dimensionamento do pavimento e dispositivos de drenagem profunda.

3.4.1. Análise do estudo geotécnico

A estratigrafia da região é bastante simples. A unidade dominante é a Formação Serra Geral, constituída por derrames de lava basáltica.

A espessura de solo é pequena, variando de 0,50 a 2,00 m, apresentando pedregulhos, matacões e blocos em seu meio.

A região onde se desenvolve o trecho situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, no compartimento denominado Planalto Catarinense, modelado sobre rochas vulcânicas

As análises da observação do local permitiram concluir que predominam os solos argilo-siltosos, com CBR adotado para o projeto com valor de 7,0%.

4.0 PROJETOS ELABORADOS

4.1. PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto da rodovia tem uma extensão total de 1.878,53 m. Sendo Trecho 01 com início na estaca E-00 até a estaca E-84 + 19,42 m; Trecho 02 com início na estaca E-00 até a estaca E-07 + 9,11 m e Trecho 03 com início na estaca E-00 até a estaca E-01 + 10,00 m.

4.2. PROJETO DE TERRAPLENAGEM

O objetivo do projeto de terraplenagem é a distribuição dos volumes a serem movimentados para a implantação da rodovia, com a indicação dos locais de deposição dos materiais escavados, incluindo os locais de bota fora. Onde os principais tópicos a serem considerados na concepção do projeto foram a minimização e otimização de movimentos de terras, em consonância com a distribuição de volumes de forma a racionalizar a fase de construção e de se obter a camada final composta por material com índice de suporte compatível com o projeto de pavimentação.

4.2.1. Seção transversal tipo

No projeto desta rodovia, a plataforma foi contemplada com uma largura de 8,00 à 9,00m, assim distribuída:

- Duas faixas de rolamento com 3,25 m cada, com superlargura nas curvas;

- Folga minima de 0,50m para cada lado.

A declividade transversal, da pista de rolamento, em reta é de 2,00% e em curva a superelevação máxima será de 4,00%.

Os taludes adotados foram os seguintes:

- Corte em solo ou em alteração de rocha: 1,0 (V): 1,0 (H)
- Corte em rocha ou em rocha alterada: 4 (V): 1,0 (H)
- Aterros em solo ou em rocha: 1,0 (V): 1,5 (H)

4.2.2. Serviços de terraplenagem

Será feita a regularização do subleito sobre toda a área de execução da sub-base, base e pavimentação asfáltica. Além disso, em alguns pontos específicos do projeto será necessário fazer o rebaixamento de parte do corpo estradal para melhoramento do escoamento das águas pluviais conforme demarcado em projeto. Essas conformações serão de baixa intervenção, sendo assim, compreendidas no serviço de Regularização do Subleito. “A Regularização do Subleito é o conjunto de operações executadas na superfície do subleito de rodovias a pavimentar, compreendendo cortes e/ou aterros até 0,20 m de espessura e a compactação da mesma, de modo a conferir condições adequadas em termos geométricos e tecnológicos”.

4.3. PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE

O projeto de drenagem visa a definição dos dispositivos de coleta e condução das águas superficiais e subterrâneas, para resguardar o corpo estradal da ação das mesmas.

4.3.1. Drenagem Superficial

O sistema de drenagem superficial tem por objetivo captar e interceptar as águas que precipitam sobre o corpo estradal, taludes e áreas que a eles convergem, conduzindo-as para locais de deságue seguro, sem causar erosão nas áreas vizinhas ou comprometer a estabilidade do maciço.

As vazões de contribuição foram determinadas através do método racional, adotando-se os parâmetros a seguir:

- Asfalto e concreto: C = 0,90
- Talude gramado: C = 0,70
- Área entre offset e valeta de coroamento: C = 0,50
- Período de recorrência para bueiros tubulares: 25 anos
- Período de recorrência para bueiros celulares: 25 anos
- Período de recorrência para demais dispositivos: 10 anos
- Tempo de concentração: 6 minutos
- Intensidade de precipitação para Tr = 10 anos: 140,00 mm/h.

Na determinação da capacidade de vazão utilizou-se a fórmula de Manning, aliada à equação da continuidade.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times \sqrt{i_L}$$

Onde:

- V = velocidade, em m/s;
- n = coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional;
- R = raio hidráulico, em m;
- i_L = declividade longitudinal, em m/m;

$$Q = V \times A$$

Onde:

- Q = vazão afluente, em m^3/s;
- V = velocidade, em m/s;
- A = área da seção molhada, em m^2.

Adotou-se, para o presente projeto, coeficiente de rugosidade n = 0,014, tanto para superfícies revestidas em concreto quanto asfaltadas.

4.3.1.1. Valeta de Proteção

As valetas de proteção têm por objetivo proteger os taludes de corte e de aterro da ação das águas que a eles convergem.

Foi adotada a seção transversal trapezoidal do Álbum de Projetos Tipo de Drenagem do DEINFRA, revestida com grama em leiva para ambas as valetas.

Os dispositivos escolhidos recebem, no Álbum de Projetos de Drenagem do DEINFRA/SC, a denominação VPC (corte), VPA (aterro), com seção trapezoidal, taludes 1 (H) : 1 (V),largura da base 0,40 m e altura de 0,40m.

a) Corte

As valetas de proteção de corte têm a função de interceptar e conduzir as águas que demandam aos taludes de corte para locais adequados, tais como talvegues, valas ou bueiros. Esses dispositivos são posicionados a uma distância mínima de 3,00 m do offset.

Quando houver necessidade de declividades mais suaves, para evitar erosão na valeta, esta será progressivamente afastada da crista do corte.

b) Aterro

As valetas de proteção de pé de aterro têm a função de proteger o talude de aterro da erosão. São recomendadas quando a declividade transversal do terreno natural está voltada em direção ao talude. São posicionadas a 1,00 m do offset, de forma a coletar e conduzir as águas para locais que não tragam prejuízo aos taludes.

4.3.1.2. Sarjetas

As sarjetas laterais serão executadas em concreto simples moldado “in loco”, com seção triangular, conforme Sarjeta Triangular de Concreto – Tipo II, equivalente ao padrão DNIT STC 88-20.

A sarjeta terá largura total de 0,88 m, profundidade aproximada de 0,20 m e declividade longitudinal mínima de 1%, acompanhando o greide da via, garantindo o adequado escoamento das águas pluviais.

O concreto a ser utilizado deverá possuir resistência característica mínima fck ≥ 20 MPa, lançado sobre base devidamente regularizada e compactada. As formas serão executadas em madeira, garantindo o correto alinhamento e acabamento da peça.

As sarjetas terão a função de coletar e conduzir as águas superficiais da plataforma da via, direcionando-as de forma segura aos dispositivos de drenagem transversal, como bueiros e descidas d’água, prevenindo processos erosivos e garantindo a conservação da estrada.

4.3.1.3. Dimensionamento de valetas e sarjetas

O dimensionamento hidráulico das valetas, sarjetas e meios-fios foi elaborado com o

emprego da fórmula de Manning, associada à Equação da Continuidade. Consiste em determinar a extensão máxima admissível sem que ocorra o transbordamento, ou seja, o comprimento crítico.

Assim, para extensões maiores que o limite admissível deve ser implantada uma saída ou um dispositivo de captação para esgotamento das valetas, sarjetas e meios-fios.

Com base nas características físicas das seções das valetas, sarjetas e meios-fios e considerando uma largura de contribuição, calculou-se a capacidade (vazão máxima de escoamento), a velocidade e comprimento crítico para várias inclinações longitudinais.

Para tanto, foi adotado o coeficiente de Manning para revestimento de concreto, n=0,015. A velocidade limite para o escoamento em dispositivos com revestimento em concreto é 4,0 m/s.

As fórmulas empregadas no cálculo da vazão máxima, da velocidade e comprimento crítico das valetas, sarjetas e meios-fios são apresentadas a seguir. Para o cálculo do comprimento crítico, usou-se a fórmula do Método Racional, onde "d" é o comprimento crítico e L a largura máxima da área de contribuição. Adotou-se, também, o coeficiente de escoamento superficial da área de contribuição como sendo c=0,90.

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

$$V = \frac{R^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

$$d = 36 \times 10^4 \times \frac{Q}{c \times i \times L}$$, onde:

- Q =vazão máxima admissível (m^3/s);
- A = área molhada (m^2);
- R = raio hidráulico (m);
- I = declividade longitudinal (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade;
- V = velocidade de escoamento (m/s);
- d = comprimento crítico (m);
- c = coeficiente de escoamento da área de contribuição;
- i = intensidade pluviométrica (cm/h); e
- L= largura máxima da área de contribuição (m).

Admitiu-se um tempo de concentração de 6 minutos e período de recorrência de 10 anos, resultando, assim, uma intensidade pluviométrica de i=16,18 cm/h.

4.3.2. Transposição de segmentos de sarjetas

Nos locais onde existem acessos secundários que coincidam com segmentos das sarjetas foram projetadas as transposições. As transposições serão executadas com tubos de 0,30 m de diâmetro, envelopado com concreto fck > 15,0 MPa.

4.3.3. Obras de Arte Correntes

Os bueiros têm por objetivo permitir a passagem das águas que escoam pelo terreno natural ou por quaisquer dispositivos de drenagem, de um lado para o outro do corpo estradal. Deste modo, o sistema de drenagem aqui proposto consiste na condução das águas provindas de talvegues, sarjetas e valetas até as caixas coletoras ou bocas, onde serão captadas e conduzidas, através de bueiros para deságue em local apropriado.

Foram projetados, também, bueiros de greide ao longo do trecho. Sua função é a de captar as águas provenientes dos dispositivos de drenagem superficiais e profundos, conduzindo estas águas para locais apropriados. No projeto foram previstos bueiros tubulares e/ou

celulares com dimensões variadas sendo estas, de acordo com as descargas das bacias hidrográficas calculadas nas planilhas de dimensionamento hidrológico.

Considerando que a bacia hidrográfica apresenta mais de 95% de cobertura vegetal, adotou-se coeficiente de escoamento superficial C = 0,25, valor conservador e compatível com recomendações do DNIT e literatura técnica. A intensidade pluviométrica foi definida de forma conservadora para garantir segurança hidráulica.

O dimensionamento hidráulico para a verificação da capacidade das obras existentes foi feito com o emprego da fórmula de Manning, aliada à equação da continuidade:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times \sqrt{i_L} \qquad Q = V \times A$$

onde:

- V = velocidade, em m/s;
- Q = vazão afluente, em m^3/s;
- *n* = coeficiente de rugosidade de Manning, adimensional;
- R = raio hidráulico, em m;
- i_L = declividade longitudinal, em m/m;
- A = área da seção molhada, em m^2.

Adotou-se coeficiente de rugosidade *n* = 0,017, para considerar o aumento da rugosidade com o passar dos anos e lâmina de no máximo 70% da altura da seção de vazão.

O dimensionamento geométrico foi feito com base no levantamento topográfico das seções transversais no local de cada uma das obras.

4.4. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

O Projeto de pavimentação teve por objetivo a definição da seção transversal do pavimento, bem como o estabelecimento do tipo do pavimento, definindo geometricamente as diferentes camadas componentes, estabelecendo os materiais constituintes e especificando valores mínimos e/ou máximos das características físicas e mecânicas desses materiais.

4.4.1. Passeios Públicos

Não serão executados passeios públicos neste momento. Os passeios serão executados em etapa posterior, sendo assim, ao serem executados deverão seguir as normas de projeto e de acessibilidade de acordo com a normativa vigente à época de projeto/execução da obra de pavimentação dos passeios.

4.4.2. Sub-base granular – Rachão

Sobre o subleito preparado será executada uma sub-base com rachão na espessura de 20,0 cm que será travada com a camada final da base com brita graduada na espessura de 12,0 cm. O rachão é uma camada do pavimento constituída pelo entrosamento de um agregado graúdo (pedra britada, escória ou cascalho) devidamente bloqueado e preenchido por agregado miúdo (britado ou natural) de faixa granulométrica adequada. A execução de sub-base com produto total de britagem primária, consistirá no fornecimento, espalhamento e rolagem dos materiais e compactação adequada.

O material que constituirá a referida sub-base deverá ser disposto uniformemente sobre o leito da estrada em camadas e espalhado de forma a evitar a segregação. As camadas com produto total de britagem primária devem ter um mínimo de 15cm para agregado de diâmetro de 4" ou 18cm na hipótese de 5". Em áreas inacessíveis ao equipamento usual de espalhamento e compactação, a camada poderá ser executada por processos especiais. Após o espalhamento, o material deverá ser compactado por meio de rolos de grelha e rolos vibratórios, ou ainda por outro equipamento que obtenha os mesmos resultados.

A compressão será executada com rolo de grelha pesando de 12 a 15 t ou rolo vibratório liso. A passagem deve ser feita em velocidade reduzida. Nos trechos em tangente, a compressão deve partir sempre das bordas para o eixo, e nas curvas, da borda interna para a externa. Em cada deslocamento do rolo compressor, a faixa anterior comprimida deve ser recoberta de, pelo menos, metade da largura da roda traseira do rolo. Após obter-se a cobertura completa da área em compressão, será feita uma nova verificação do greide longitudinal e da seção transversal, efetuando-se as correções necessárias.

Quando a espessura da sub-base for de 0,20 m ou menos, o material que a constitui pode ser espalhado e compactado em uma única camada. Quando houver necessidade de executar camadas de sub-base com espessura final superior a 0,20 m, estas serão subdivididas em camadas parciais, nenhuma delas excedendo à espessura de 0,20 m. A espessura mínima de qualquer camada da sub-base será de 0,12 m após a compactação. O grau de compactação deverá ser, no mínimo, 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio do Proctor Intermediário, sendo o ISC ≥ 30%.

4.4.3. Base granular – Brita graduada

Para a base será feita uma camada estabilizada granulometricamente com brita graduada numa espessura de 12 cm, executada sobre a sub-base, devidamente regularizada e compactada.

Os materiais destinados à confecção da base devem apresentar composição granulométrica satisfazendo a faixa C do DNIT e apresentar Índice Suporte Califórnia – ISC ≥ 60%, e a expansão máxima será de 0,5%, com energia de compactação do Método B.

A execução da base compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais realizados na pista ou em central de mistura, bem como o espalhamento, compactação e acabamento na pista devidamente preparada na largura desejada, nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

Quando houver necessidade de se executar camada de base com espessura final superior a 20 cm, estas serão subdivididas em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada de base será 10 cm, após a compactação.

4.4.4. Pavimentação Asfáltica

Para a execução da pavimentação asfáltica, deverá ser feita a utilização das normas criadas pelo DNIT. Para isto, devem ser analisados e definidos alguns pontos básicos, como por exemplo, o traço da mistura, a espessura do revestimento, o controle tecnológico dos procedimentos básicos de execução. Estas informações também podem ser visualizadas nas DNER-ME – Métodos de Ensaio.

Relatório do projeto

O presente projeto de pavimentação asfáltica tem por objetivo conceber uma estrutura construída destinada a:

- Melhorar as condições de rolamento do tráfego, proporcionando economia, comodidade e segurança;
- Resistir e distribuir ao subleito (terreno de fundação do pavimento a ser construído) os esforços verticais oriundos do tráfego de veículos;
- Resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento;

A princípio o pavimento será constituído das camadas, quais sejam:

- **SUB-BASE e BASE**: camadas de material granular destinadas a resistir às deformações e distribuir os esforços verticais oriundos das tensões (pressões) dos veículos, e sobre as quais se executará a capa de rolamento. No presente projeto a

sub-base será de pedra rachão e a base de brita graduada.

- **CAPA DE ROLAMENTO**: camada composta de agregados e material betuminoso, tanto quanto possível impermeável e coesa, que recebe diretamente a ação de rolamento dos veículos e intempéries como água, vento, temperatura, atritos, impactos mecânicos e outros, destinada a resistir aos esforços tangenciais de cisalhamento, frenagem, aceleração movimentação centrífuga e outros.

Para este projeto optou-se pelo pavimento de concreto betuminoso asfáltico a quente – CBUQ, comumente utilizado nas obras de pavimentação urbana e rural de Santa Catarina, que vem apresentando um fator "custo x benefício" bastante apropriado para a maioria dos municípios de pequeno e médio porte do estado.

Sendo o pavimento constituído por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um semi-espaço infinito que é o subleito, o problema geral do dimensionamento deste tipo de pavimento consiste em considerar um ponto P qualquer do sistema, no subleito ou no pavimento, e determinar, para este ponto, quando o sistema é solicitado por uma carga de roda Q, o estado de tensão, a deformação e se vai, ou não, haver ruptura.

O sistema será considerado satisfatório, do ponto de vista do dimensionamento, quando não houver ruptura em nenhum ponto, ou quando a deformação máxima satisfizer os limites previamente fixados, sendo as espessuras das camadas aquelas necessárias e suficientes.

Este projeto tomará como referência o Método de Dimensionamento de Pavimento Flexível do DNER/DNIT.

Estudo de tráfego

Para que se possa sistematizar um procedimento de dimensionamento de pavimento flexível e utilizar o método citado, considerar-se-á a incidência de um número de solicitações de um eixo padrão de 8,2 toneladas devido ao tráfego (número N) que representa uma média adotada em estradas semelhantes ao presente projeto, ou seja, $N=10^5$.

Esse dado foi obtido por meio de análise realizada pelo próprio Município, que, após levantamento das condições locais de tráfego, emitiu a respectiva autodeclaração. Tal documento integra a documentação exigida no âmbito do programa "Estrada Boa Rural", do Governo do Estado de Santa Catarina.

Capacidade de suporte do subleito – CBR

Neste projeto optou-se por adotar um valor de índice de Suporte Califórnia (ISC/CBR) do subleito considerando que o pavimento existente com revestimento em cascalho é existente e com muitos anos de tráfego sobre o mesmo e considerando que parte do revestimento será removido para abertura da pista e também para atingir as cotas necessárias. Portanto, o CBR mínimo do subleito adotado é de 7,0%.

DIMENSIONAMENTO DA PAVIMENTAÇÃO

Espessura mínima de revestimentos betuminosos:

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Ilustração 1: Espessuras mínimas da camada betuminosa. Fonte: DNIT (2006)

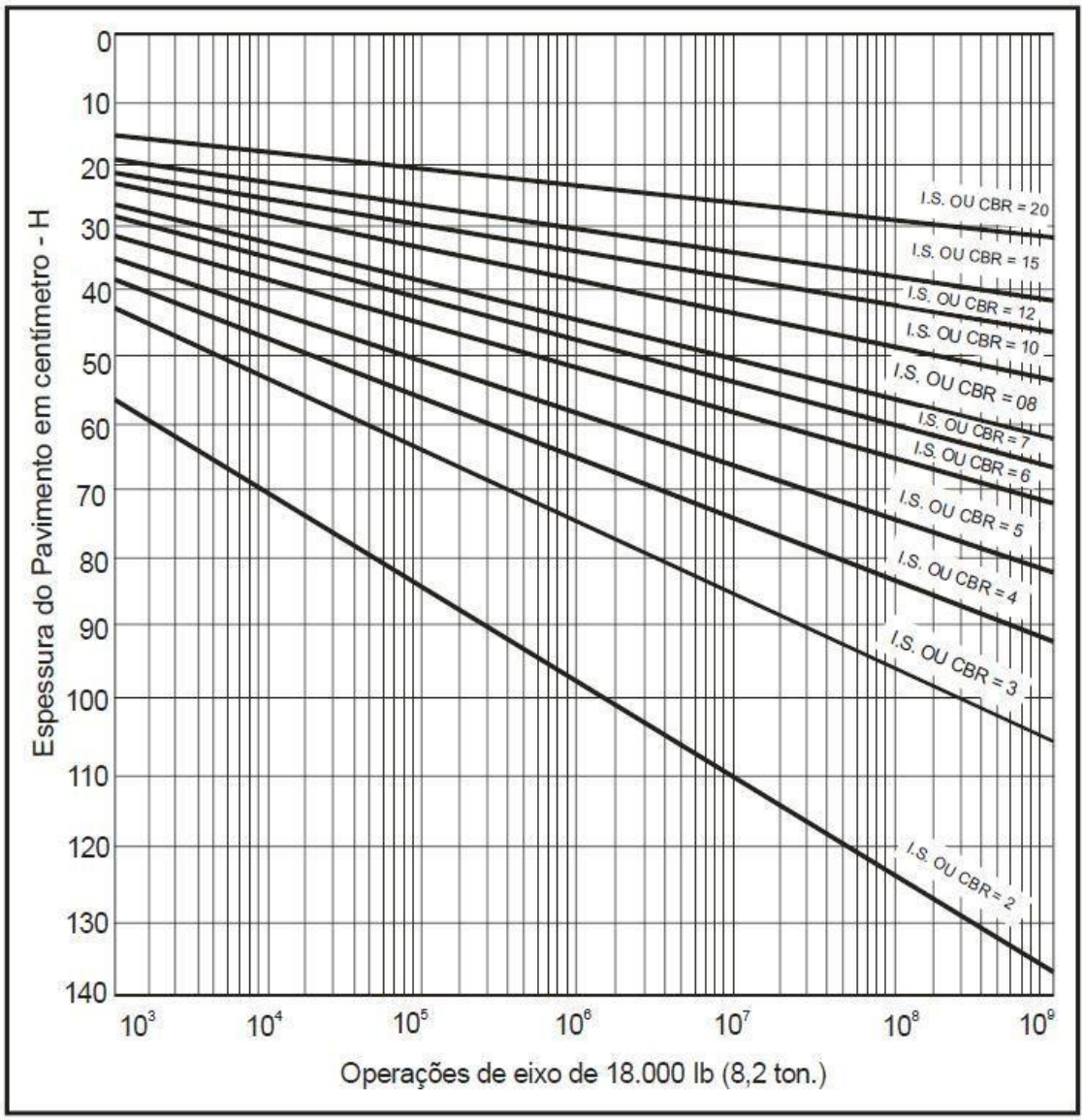


Ilustração 2: Ábaco para dimensionamento de espessuras de pavimentos

Uma vez definidos os parâmetros N e CBR do subleito, pode-se dimensionar o pavimento através do ábaco de dimensionamento e das inequações abaixo:

$$R\,Kr + B\,Kb \quad H20 \qquad (1)$$

$$R\,Kr + B\,Kb + h20\,Ks \quad Hn \qquad (2)$$

Onde:

R = espessura do revestimento
B = espessura da base
SB = espessura de sub-base
Kr = coeficiente estrutural do revestimento
Kb = coeficiente estrutural do material da base (solo granular)
Ks = coeficiente estrutural do material da sub-base (solo granular)
SB = espessura necessária acima da sub-base, admitindo material com CBR = 20%
Hn = espessura necessária acima do sub-leito com CBR = n, no caso deste projeto n = 7%

Notas:

1 – Devido às condições de tráfego desta via, adotamos a proteção da camada granular ou capa de rolamento com CBUQ executada em uma camada com espessura de 5,0 cm. A camada betuminosa então será: R = 5,0cm.

2 – Para o revestimento adotado: Kr = 2,0;
3 – Para solo granular: Kb e Ks = 1,0

Componentes do Pavimento	Coeficiente K
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	**1,00**
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45Kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45Kg/cm e 28Kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28Kg/cm e 21Kg/cm	1,20

Ilustração 3: Coeficiente de equivalência estrutural – K
Fonte: Manual de Técnicas de Pavimentação – Wlastermiler de Senço

Portanto temos em (1):

R Kr + B Kb >= SB

No ábaco de dimensionamento para N = 10^5 e CBR = 20%, obtemos: SB = 20cm Substituindo, temos:

5 x 2 + B x 1 >=20cm

B >= 10,0 cm

A espessura da camada de base deve ser no mínimo de 10,0 cm. Será adotada base em brita graduada com espessura de 12 cm.

Em (2) temos:

R Kr + B Kb + SB Ks >= Hn

No ábaco de dimensionamento para N = 10^5 e CBR = 7%, obtemos: Hn = 42cm

Substituindo, temos:

5 x 2 + 12 x 1 + SB x 1 >=42cm

SB >= 20 cm

A espessura da camada de sub-base deve ser no mínimo de 20cm. Será adotada camada com espessura de 20cm.

RESUMO DO DIMENSIONAMENTO

- Capa de rolamento em CBUQ = 5,0 cm
- Base granular com brita graduada = 12,0 cm
- Sub-base com pedra rachão = 20,0 cm

PROCESSO EXECUTIVO

Imprimação

Generalidades

A imprimação consiste numa pintura ligante, que recobre a camada da base, e tem por função proporcionar o fechamento e impermeabilização das camadas de suporte.

O material utilizado para a imprimação é derivado do petróleo, conhecido como asfalto diluído CM-30, a taxa de aplicação do material deverá ser na ordem de 1,20 litros/m².

A imprimação será executada após a base estar perfeitamente limpa e seca, utilizando-se para tal o caminhão espargidor.

Execução

O material betuminoso deverá ser aplicado de maneira uniforme, sempre através de barras de aspersão e sob pressão. Antes do início da distribuição do material deve-se verificar se todos os bicos da barra de distribuição estão abertos. A aplicação poderá também ser executada manualmente utilizando-se a caneta sob pressão acoplada ao caminhão espargidor.

A área a ser imprimada deve estar seca ou ligeiramente umedecida. É vedado proceder ao serviço com a superfície molhada ou quando a temperatura do ambiente estiver inferior a 10° C ou ainda em condições atmosféricas desfavoráveis.

A área que apresentar taxas abaixo da mínima especificada deverá receber uma segunda aplicação de forma a completar a quantidade recomendada.

Não se deve permitir o trânsito sobre a superfície imprimada.

Pintura de ligação

Generalidades

A pintura de ligação consiste numa pintura ligante, que recobre a camada da base (calçamento), e tem por função proporcionar a ligação entre a camada de base (calçamento) e a capa de rolamento (CBUQ).

O material utilizado para a pintura de ligação é derivado do petróleo, conhecido como emulsão asfáltica RR-2C, a taxa de aplicação do material deverá ser na ordem de 0,5 litros/m². A pintura de ligação será executada após a base estar perfeitamente limpa e seca, utilizando-se para tal o caminhão espargidor.

Execução

O material betuminoso deverá ser aplicado de maneira uniforme, sempre através de barras de aspersão e sob pressão. Antes do início da distribuição do material deve-se verificar se todos os bicos da barra de distribuição estão abertos. A aplicação poderá também ser executada manualmente utilizando-se a caneta sob pressão acoplada ao caminhão espargidor.

A área a ser pintada deve estar seca ou ligeiramente umedecida. É vedado proceder com o serviço com a superfície molhada ou quando a temperatura do ambiente estiver inferior a 10° C ou ainda em condições atmosféricas desfavoráveis.

A área que apresentar taxas abaixo da mínima especificada deverá receber uma segunda aplicação de forma a completar a quantidade recomendada.

Não se deve permitir o trânsito sobre a superfície pintada.

Revestimento em concreto asfáltico

Generalidades

Concreto asfáltico é um revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em uma usina adequada, de agregado mineral graduado, material de enchimento e material betuminoso, espalhado e compactado a quente sobre uma base pintada (pintura de ligação).

Materiais

- Material Betuminoso

Deverá ser empregado como material betuminoso o cimento asfáltico de petróleo (CAP-50/70).

- Agregado Graúdo

O agregado graúdo deve ser de pedra britada, com partículas de forma cúbica ou piramidal, limpas, duras, resistentes e de qualidade razoavelmente uniforme. O agregado deverá ser isento de pó, matérias orgânicas ou outro material nocivo e não deverá conter fragmentos de rocha alterada ou excesso de partículas lamelares ou chatas.

- Agregado Miúdo

O agregado miúdo é composto de pedrisco e pó de pedra, de modo que suas partículas individuais apresentem moderada angulosidade, sejam resistentes e estejam isentas de torrões de argila ou outras substâncias nocivas.

- Composição da Mistura

O teor de asfalto será de 5,0%, sendo que este valor poderá ser ajustado através do ensaio Marshall e dados dos materiais que serão utilizados na obra em questão, sendo que a porcentagem de betume se refere à mistura de agregados, considerada como 100%.

Execução

O revestimento será em CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente), e deve obedecer a faixa C especificada pelo DNIT.

O CBUQ será executado sobre a superfície após a realização da pintura de ligação. A massa asfáltica deverá deixar a usina a uma temperatura de no máximo 177° C, e chegar no local da obra a uma temperatura não inferior a 120° C. O transporte deste material deverá ser feito através da utilização de caminhões providos de caçamba metálica juntamente com lonas para a proteção e conservação da temperatura.

A aplicação do CBUQ sobre a pista deverá ser realizada através da vibroacabadora (camadas com espessura de acordo com o determinado em projeto). A rolagem deverá ser feita com a utilização do rolo pneumático e o fechamento com o rolo liso (tandem).

A rolagem deve ser iniciada à temperatura de 120°C e encerrada sem que a temperatura caia abaixo de 80°C. A compactação deverá ser iniciada nas bordas e progredir longitudinalmente para o centro, de modo que os rolos cubram uniformemente em cada passada pelo menos a metade da largura de seu rastro da passagem anterior. Nas curvas, a rolagem deverá progredir do lado mais baixo para o lado mais alto, paralelamente ao eixo da guia e nas mesmas condições do recobrimento do rastro.

Os compressores não poderão fazer manobras sobre a camada que está sofrendo rolagem. A compressão requerida em lugares inacessíveis aos compressores será executada por meio de soquete manual ou placa vibratória.

As depressões ou saliências que aparecerem após a rolagem deverão ser corrigidas pelo afrouxamento e compressão da mistura até que a mesma adquira densidade igual ao material circundante.

4.4.5. Critérios de medição

Os serviços serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

a) O concreto asfáltico será medido em toneladas de mistura efetivamente aplicada na pista.

b) O transporte do concreto asfáltico efetivamente aplicado será medido com base na distância entre a refinaria e o canteiro de serviço;

c) Nenhuma medição será processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

4.4.6. Fiscalização do pavimento asfáltico

Todos os materiais utilizados na fabricação de Concreto Asfáltico (Insumos) devem ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT, e satisfazer às especificações em vigor, sendo eles o cimento asfáltico de petróleo - CAP e os agregados (DNIT 031/2006 – ES).

De acordo com o DNIT um dos ensaios deve ser o de controle da quantidade de ligante na mistura. Devem ser efetuadas extrações de asfalto a cada 700 m² de pista, de amostras coletadas na pista, logo após a passagem da acabadora (DNER-ME 053). A porcentagem de ligante na mistura deve respeitar os limites estabelecidos no projeto da mistura, devendo-se observar a tolerância máxima de ± 0,3%.

Também deverá ser feito o ensaio de controle das características da mistura. Devem ser realizados ensaios Marshall em três corpos-de-prova de cada mistura por jornada de oito horas de trabalho (DNER-ME043). Os resultados obtidos deverão ser comparados com os parâmetros especificados em projeto.

O controle do grau de compactação - GC da mistura asfáltica deve ser feito, medindo-se a densidade aparente de corpos-de-prova extraídos da mistura espalhada e compactada na pista, por meio de brocas rotativas e comparando-se os valores obtidos com os resultados da densidade aparente de projeto da mistura. Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos, aleatoriamente, durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97% ou superiores a 101%, em relação à massa específica aparente do projeto da mistura.

Ensaio de Granulometria conforme DNER-ME 083). A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no projeto da mistura.

Também deverá ser verificada a espessura da camada e para isso deve ser medida por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos; antes e depois do espalhamento e compactação da mistura. Admite-se a variação de ± 5% em relação às espessuras de projeto. Para este ensaio deverão ser coletados no mínimo de 6 pontos.

Após a execução de todos os ensaios descritos acima a empresa executora deverá realizar o laudo técnico. O laudo técnico deverá ser realizado por empresa idônea e deverá ser acompanhado de ART do profissional responsável pelo serviço.

4.4.7. Especificações

As especificações para construção serão as Especificações Gerais para Obras Rodoviárias do DEINFRA-SC (DER-SC) e Especificações Complementares (EC), constantes abaixo.

- DER-SC-ES-P- 01/16 - Regularização do Subleito;
- DER-SC-ES-P- 02/16 - Camadas Estabilizadas Granulometricamente;
- DER-SC-ES-P- 03/15 - Camada de Macadame Seco;
- DER-SC-ES-P- 04/15 - Pinturas Asfálticas;
- DER-SC-ES-P- 05/16 - Camadas de Misturas Asfálticas Usinadas a Quente.

4.5. PROJETO DE OBRAS COMPLEMENTARES

O Projeto de Obras Complementares compreende a implantação de toda sinalização viária, tanto provisória quanto definitiva, os equipamentos como abrigos para passageiros nos refúgios das paradas de ônibus, além das interferências e remanejamento das redes de serviços públicos, como relocação de postes, redes de água, telefonia, etc., caso seja necessário.

4.5.1. Sinalização viária

A sinalização da rodovia consiste num sistema que objetiva principalmente, em favor da segurança dos usuários, despertar e estimular a acuidade sensorial, aumentando principalmente, a capacidade visual do usuário, com o fim de captar a tempo de discernir, os elementos que compõem as situações de cada instante durante o uso da rodovia.

A sinalização compreende basicamente a sinalização rodoviária definitiva e a sinalização de obras no trecho rural, e a sinalização viária no segmento urbano quando existir. A sinalização de obras se faz necessária em função dos desvios e interrupções de meia pista, além de sinalização provisória para que no transcorrer da obra as partes prontas sejam sinalizadas.

Os elementos que fazem parte desta sinalização são representados, quer pelo balizamento da pista em toda sua extensão através da sinalização horizontal, quer pelos indicadores dos pontos fundamentais de mudança de direção, de obstáculos ou de outros riscos que estejam expostos os usuários e veículos, quer pelos indicadores de opções ou de restrições obrigatórias, quer ainda pela sinalização vertical.

4.5.2. Sinalização vertical

Abrange basicamente o emprego de símbolos e palavras colocadas em placas na posição vertical implantadas lateralmente nas bordas da rodovia. E tem com finalidade regulamentar o uso da via, prevenir ou advertir a respeito das condições da mesma, informar o usuário a respeito da orientação direcional dos serviços e outros equipamentos disponíveis ao longo do trecho, além de educar o usuário da mesma.

Serão instaladas placas de sinalização novas e mesmo onde as mesmas já existam, serão substituídas por placas novas. Serão colocadas placas de sinalização vertical nos pontos indicados em projeto, de acordo com as medidas e indicações constantes no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume I – “Sinalização Vertical de Regulamentação” e Volume II – “Sinalização Vertical de Advertência”.

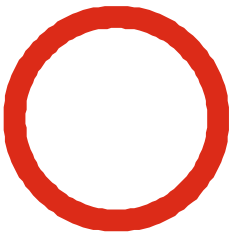
As placas serão de chapas metálicas com espessura de 2,0mm e o poste de sustentação será de aço galvanizado de diâmetro DN50 (DE60,3mm) e com dispositivo antigiro. Os postes serão fixados no solo em buraco feito previamente nas dimensões de 30x30x50cm e após o poste estar devidamente aprumado será colocado no fundo da vala uma camada de concreto de 20,0cm e o restante do buraco preenchido com cascalho e parte do solo escavado.

Sinalização de regulamentação

São destinadas à regulamentação do tráfego, impondo limitações, restrições e proibições. O não cumprimento das mesmas constitui em infrações, puníveis de acordo com o Código Nacional de Trânsito. A velocidade máxima permitida definida em função do tipo da via e condições geométricas é de 40 km/h.

As placas de regulamentação a serem implantadas de forma circular deverão ter diâmetro de 0,80 m. As placas octogonais a serem implantadas nas vias que dão acesso à rodovia deverão ter lado igual a 0,35 m.

Forma e cores
A forma padrão do sinal de regulamentação é a circular, nas seguintes cores:



Obrigação



Proibição

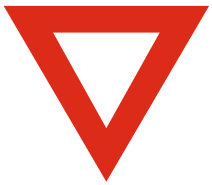
Cores:
Fundo: Branco
Tarja: Vermelha
Orla: Vermelha
Símbolo: Preto
Letras: Pretas

Constituem exceção quanto a forma, os sinais "Parada Obrigatória" - R-1 e "Dê a Preferência" - R-2, com as seguintes características:



R-1

Cores:
Fundo: Vermelho
Letras: Brancas
Orla Interna: Branca
Orla Externa: Vermelha



R-2

Cores:
Fundo: Vermelho
Letras: Brancas

Sinalização de advertência

As placas de advertência têm por finalidade alertar ao usuário para situações de perigo em potencial existentes na rodovia ou nas suas vizinhanças. As placas deverão ser quadradas de 0,80 x 0,80 m.

Forma e cores
A forma padrão do sinal de advertência e quadrada, devendo uma das diagonais ficar na posição vertical, nas seguintes cores:



Cores:
Fundo: Amarelo.
Orla Interna: Preta.
Orla Externa: Amarela.
Símbolo e/ou Legenda: Pretos.

Sinalização de indicação

As placas indicativas têm por finalidade identificar as rodovias e de subministrarem aos usuários informações úteis para o desenvolvimento da viagem, indicando, também os serviços auxiliares como postos de abastecimento, pontos de ônibus e áreas de estacionamento e turística. As placas serão retangulares 0,60 x 1,00 m, 2,00 x 1,00 m ou 2,00 x 0,50 m.

4.5.3. Sinalização horizontal

A sinalização horizontal se compõe basicamente da pintura de linhas (faixas) de demarcação, sinais, símbolos, palavras e legendas aplicadas diretamente, mediante pintura sobre o pavimento, e elementos separadores de tráfego como tachas refletivas, se necessário.

Pintura sobre o pavimento

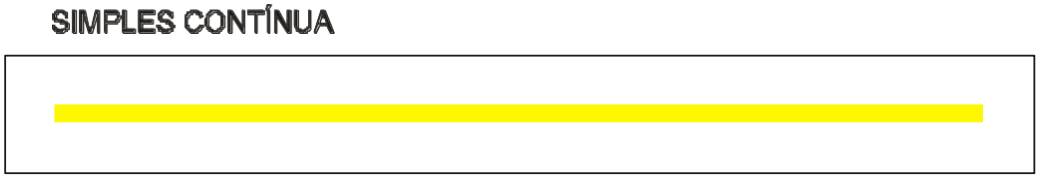
A marcação das faixas de tráfego visa regulamentar a circulação, advertir o usuário e ordenar os fluxos de trafego, através de delimitação das mesmas, separando sentidos opostos, demarcando limites extremos e regulamentando manobras de mudança de faixa de tráfego. Além de realçarem e delimitarem a presença de obstáculos ou áreas onde a presença de veículos é indesejada; servem como referência ao posicionamento dos veículos na pista.

As linhas de limitação de pistas de trânsito serão executadas na cor branca-neve, em faixa contínua, com 0,10 m de largura, pintada a 0,10 m da borda da pista. Junto aos acessos e refúgios as linhas de borda serão segmentadas, com 1,0 m de pintura espaçadas de 1,0 m.

As linhas de divisão de fluxos opostos, ou linhas de condução, serão contínuas na cor amarela e com largura de 0,10 m. As linhas de condução em faixa adicional, quando houver, deverão ser na cor branca-neve com 3,0 m de pintura espaçados de 6,0 m e espessura igual a 0,10 m.

A proibição de ultrapassagem é caracterizada por faixas contínuas de cor amarela, com largura de 0,10 m e foram projetadas sempre que a distância de visibilidade for inferior a distância mínima de ultrapassagem permitida para a classe da rodovia em projeto.

Nesta obra, devido à rodovia possuir um terreno bastante ondulado, com a existência frequente de curvas horizontais e verticais, e a velocidade de projeto ser baixa, será adotada pintura da linha de condução simples e contínua em toda a extensão da rodovia vicinal.



4.5.4. Sinalização de obras

A sinalização de obras é de fundamental importância na prevenção de acidentes, devendo ela advertir o motorista quanto a situação, com a necessária antecedência, regulamentar a velocidade e outras condições que se façam necessárias, canalizar e ordenar o fluxo de modo a evitar dúvidas ao condutor e minimizar congestionamentos.

Para desempenhar estas funções a sinalização de obra deverá sempre apresentar boa visibilidade e legibilidade, além de estar adaptada às características da obra. Outro ponto fundamental no bom funcionamento é a credibilidade da sinalização de obras. Assim sendo, é de fundamental importância que a sinalização seja retirada logo após o término da obra.

Piratuba-SC, 31 de março de 2026.

_____

Everson Caovilla
Eng. Civil – CREA/SC 136531-5

MEMÓRIA DE CÁLCULO

O presente memorial de cálculo refere-se ao levantamento dos quantitativos físicos do projeto de pavimentação asfáltica do presente projeto. Os levantamentos foram feitos levando-se em consideração os dados dos projetos gráficos anexos.

– Serviços iniciais e administração da obra

Placa da obra = 3,0 x 1,0 = 3,00 m²
Administração local, mobilização e desmobilização (composição própria): 1 un
Considerados na composição deste item os seguintes quantitativos:
Encarregado geral: 275 h
Engenheiro civil de obra: 40 h
Topógrafo: 60 h
Caminhão para transporte de equipamentos: 12 h

– Drenagem pluvial

Corpo de bueiro d=60cm: 57,00 m
Boca de bueiro d=60cm esconsidade 0°:10 un
Corpo de bueiro d=150cm: 4,00 m
Boca de bueiro d=150cm esconsidade 0°: 02 un
Sarjeta triangular em concreto tipo II – 88x20 cm: 1.167,50 m
Transposição em sarjeta com tubo d=30cm: 8,00 m

– Sub-base e Base

Escavação de mat de 1ª. cat. – alargamento da cancha:28.753,27 m³
Compactação de aterros (extraído do civil 3D): 6.569,19 m³
Regularização do subleito: 14.570,20 m²
Área da sub-base e base: 14.570,20 m²
Sub-base em macadame seco / rachão – camada de 0,20 m: 2.914,04 m³
Transporte – DMT 40 km (densidade 1,55 t/m³) = 2.914,04 x 1,55 x 40 = 180.670,48 t x km
Base – travamento com brita graduada – camada de 0,12 m : 1.748,42 m³
Transporte – DMT 40 km (densidade 1,65 t/m³) = 1.748,42 x 1,65 x 40 = 115.395,98 t x km

– Camada asfáltica – espessura de 5,0cm

Área de imprimação (CM-30): 14.570,20 m²
Área de pintura de ligação (RR-2C): 12.691,66 m²
Concreto betuminoso usinado quente: 12.691,66 m² x 0,05 m x 2,5 t/m³ = 1.586,46 t
Transporte – DMT 40 km = 1.586,46 x 40 = 63.458,40 t x km
Carga, manobra e descarga de mat. betuminoso a quente = 1.586,46 t
Aquisição de CAP 50/70: massa asfáltica x teor de CAP (5%) = 1.586,46 x 0,05 = 79,32 t
Aquisição de asfalto diluído CM-30 para imprimação: área x taxa de aplicação = 14.570,20 m² x 0,0012 t/m² = 17,48 t
Aquisição de emulsão asfáltica RR-2C: área x taxa de aplicação = 12.691,66 m² x 0,0005 t/m² = 6,35 t

– Sinalização viária

Tachas refletivas bidirecionais, tipo I, com 1 pino, amarela (1 a c/ 16m) = 118,00 un
Tachas refletivas monodirecionais, tipo I, com 1 pino, branca (1 a c/ 16m) = 236,00 un
Faixa longitudinal contínua central (amarelo) = 1.873,53 m
Área de pintura de faixa amarela = comprimento x largura: 1.873,53 x 0,10 = 187,35 m²
Faixa longitudinal contínua lateral (branco) = 1.873,53 x 2 = 3.757,06 m
Área de pintura de faixa branca = comprimento x largura: 3.757,06 x 0,10 = 375,70 m²
Placas de regulamentação octogonais de parada obrigatória (Lado=0,33m) = 03 un
Suporte met. galvanizado – placa octogonal lado 0,33 m - fornecimento e implantação: 03 un
Placas de regulamentação circulares de velocidade máxima (60km) (D=0,60m) = 04 un
Placas de regulamentação circulares de proibido ultrapassar (D=0,60m) = 04 un
Placas de advertência quadradas (Lado=0,60m) = 06 un
Suporte met. galvanizado – lado ou diâmetro de 0,60 m - fornecimento e implantação: 14 un

– Memória de cálculo dos bueiros a serem instalados:

Bueiro	Estacas	Área Superficial de contribuição (ha)	Área da Bacia Hidrográfica (ha)	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	Comp. do talvegue (m)	Indicação talvegue i (%)	Coeficiente de Runoff C	Intensidade Pluviométrica I (mm/h)	Vazão de Contribuição Q (m³/s)
1	10 + 18,00m	----	3,53	703	690	783	1,66	0,25	140	0,34
2	24 + 18,00m	----	8,47	689	657	557	5,75	0,25	140	0,82
3	40 + 2,00m	----	9,58	675	640	883	3,96	0,25	140	0,93
4	58 + 19,00m	----	10,06	642	597	851	5,29	0,25	140	0,98
5	63 + 0,00m	----	14,26	631	587	768	5,73	0,25	140	1,39
6	72 + 8,00m	----	5,3	627	585	502	8,37	0,25	140	0,52

Bueiro	Estacas	Diâmetro da tubulação D (m)	Área molhada (m²)	Raio hidráulico (m)	Comprimento do bueiro (m)	Cota a montante (m)	Cota a jusante (m)	Declividade do bueiro (m/m)	Vazão (m³/s)	Análises	Vazão de Contribuição Q (m³/s)
1	10 + 18,00m	0,6	0,276	0,17	10	690	689,7	0,030	0,977	> OK	0,34
2	24 + 18,00m	0,6	0,276	0,17	14	657	656,6	0,029	0,953	> OK	0,82
3	40 + 2,00m	0,6	0,276	0,17	16	640	639,5	0,031	0,997	> OK	0,93
4	58 + 19,00m	0,6	0,276	0,17	9	597	596,7	0,033	1,030	> OK	0,98
5	63 + 0,00m	1,5	1,723	0,435	12	587	586,7	0,025	10,427	> OK	1,39
6	72 + 8,00m	0,6	0,276	0,17	8	585	584,7	0,037	1,092	> OK	0,52

Piratuba-SC, 31 de março de 2026.

gov.br
Documento assinado digitalmente
EVERSON CAOVILLA
Data: 28/04/2026 21:27:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Everson Caovilla
Eng. Civil – CREA/SC 136531-5