

3.3 Classificação climática

Segundo Koppen-Geiger, a classificação climática da região de estudo pertence ao tipo Cfa., descrita como Temperatura Moderada e Clima Subtropical Úmido. Chuva bem distribuída, verão brando e ocorrência de geada no inverno. A temperatura do mês mais quente é superior a 22°, sem estação de seca.

3.4 Temperatura e Umidade Relativa

A temperatura média em nível anual varia de 14,0 °C a 20,0 °C. Com o mês mais quente (janeiro) entre 18,0 °C e 26,5 °C, e o mês mais frio (julho) entre 9,5 °C a 15,8 °C. Umidade relativa do ar média anual entre 75 % e 85 %.

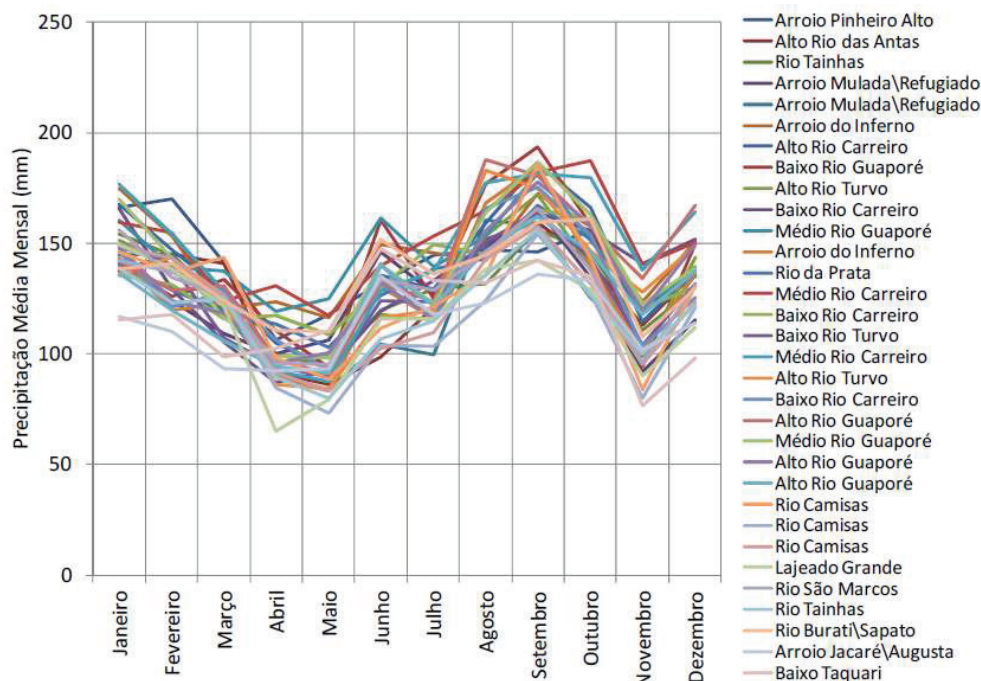
Estes dados foram obtidos da Embrapa Trigo de Passo Fundo/RS.

3.5 Pluviometria

Os dados de precipitação pluviométrica foram retirados dos bancos de dados da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul.

Segundo a SEMA/RS, a precipitação média da Bacia Taquari-Antas é da ordem de 1.569 mm anuais, com 105 dias, médios, de chuvas. Os meses de abril, maio e novembro, são aqueles em que ocorrem as menores precipitações, sendo que o mês mais chuvoso é setembro, com média de 175 mm/mês. Como se pode observar no gráfico abaixo.

Gráfico 1 - Precipitação Média Mensal Bacia Taquari-Antas.



Fonte: SEMA/RS.

A média de precipitação anual e mensal e o número de dias com chuva na sub-bacia Alto do Rio Guaporé podem ser observadas abaixo, embasadas no Relatório Técnico da SEMA/RS.

Tabela 3 – Dados da sub-bacia Alto do Rio Guaporé.

Nº de dias com chuva														
Sub-bacia	Estação Pluviométrica Analisada	Anual	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Alto Rio Guaporé	2852005 Barragem Capingui	96	9	9	8	6	6	8	8	9	10	9	8	8
	2852016 Marau	82	9	7	7	5	5	6	6	7	8	7	6	7
	2852028 Usina Capingui	97	9	9	8	6	6	8	8	8	10	9	7	8
Média Total		91,7	9,0	8,3	7,7	5,7	5,7	7,3	7,3	8,0	9,3	8,3	7,0	7,7
Precipitação média (mm)														
Sub-bacia	Estação Pluviométrica Analisada	Anual	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Alto Rio Guaporé	2852005 Barragem Capingui	1674	142	129	131	97	91	132	124	188	181	158	134	167
	2852016 Marau	1595	148	124	118	96	100	132	116	156	178	158	119	150
	2852028 Usina Capingui	1520	137	120	106	95	91	140	122	147	162	146	118	138
Média Total		1596,3	142,3	124,3	118,3	96,0	94,0	134,7	120,7	163,7	173,7	154,0	123,7	151,7

Fonte: SEMA/RS

3.6 Tempo de concentração

O tempo de concentração mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, e o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante leva para atingir uma seção de controle, podendo ser o exutório ou não. Para obtenção do tempo de concentração (t_c), foi considerado o estudo científico da Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul em seu Relatório Técnico 03 da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas. Para o cálculo e estudo utilizou a fórmula do DNOS (extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento) apropriada para as condições nacionais:

$$t_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{S^{0,4}}$$

Onde:

- t_c é o tempo de concentração, em minutos;
- L é o comprimento do talvegue, em m;
- S é a declividade média do talvegue principal, em m/m;]
- K é o coeficiente característico do solo adotado médio igual a 4, conforme o “Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem” do DNIT (2005);
- A é a área da bacia de contribuição, em ha.

Tabela 4 - Tempo de concentração.

Unidade de Gestão	Sub-bacia	Área da bacia (km ²)	Perímetro da bacia (km)	Comp. do talvegue principal (km)	Desnível (m)	Declividade (m/m)	Coef. de compacidade (Kc)	Fator de forma (Kf)	Dens. de drenagem (km/km ²)	Tempo de concentração (hr)
Guaporé	Alto Rio Guaporé	1537,94	201,75	74,99	152	0,002	1,44	0,27	1,74	21,44

Fonte: SEMA/RS

3.7 Tempo de Retorno

Período de retorno é o intervalo estimado entre ocorrências de fenômenos de ordem natural, como chuvas, enchentes, granizo e etc. Será adotado o intervalo delimitado pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS), são eles:

- Drenagem Superficial: 10 anos;
- Obras de Arte Correntes: 10 a 25 anos;
- Obras de Arte Especiais: 50 a 100 anos.

3.8 Vazão da Sub-bacia

A vazão média da sub-bacia Alto Rio Guaporé será obtida através dos dados da sub-bacia de divisa, Médio Rio Guaporé, já que não se tem histórico destes dados da sub-bacia em questão.

Tabela 5 - Vazão média mensal.

Dado	Sub-bacia	Estação Pluviométrica Analisada	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Mês/Vazão Média (m³/s)	Médio Rio Guaporé	86560000 Rio Guaporé	33,91	33,54	23,33	35,79	48,66	60,59	72,69	75,74	84,48	86,18	53,98	38,32

Fonte: SEMA/RS

A vazão média da sub-bacia é, aproximadamente, de 53,93 m³/s, estimada com base na série amostral da estação fluviométrica Rio Guaporé. O regime de vazões anual é crítico nos meses de janeiro a abril, quando ocorrem as secas. Nos meses de junho a outubro, em contrapartida, verificam-se as cheias. Particularmente, o mês de outubro é aquele onde se registrou, em média, os maiores escoamentos na sub-bacia.

Tabela 6 – Vazões médias e mínimas anuais.

Sub-bacia	Disponibilidade anual (m ³ /s)				
	QMLT	Q95%	Q90%	Q85%	Q7,10
Alto Rio Guaporé	38,6742	2,6906	4,2721	5,8235	1,0613

Fonte: SEMA/RS

Onde:

- QMLT – Vazão média;
- Q95% - Vazões mínimas com probabilidade de superação de 95%;
- Q90% - Vazões mínimas com probabilidade de superação de 90%;
- Q85% - Vazões mínimas com probabilidade de superação de 85%;
- Q7,10 - Vazão mínima.

Tabela 7 - Vazão média diária para diferentes Tempos de Retorno.

Dado	Sub-bacia	Estação Pluviométrica Analisada	TR (anos)				
			5	10	20	25	50
Vazão Média Diária (m³/s)	Médio Rio Guaporé	86560000 Rio Guaporé	1316,67	1626,39	1923,47	2017,71	2308,02

Fonte: SEMA/RS

4. ESTUDOS GEOTÉCNICOS

ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os Estudos Geotécnicos visam caracterizar o solo do subleito da rodovia e dos maciços a escavar, com estimativa de classificação dos materiais nas três categorias, bem como da eventual presença de solos moles.

Os ensaios devem ser executados de acordo com as Instruções vigentes e análises estatísticas dos respectivos resultados.

4.1 Identificação do Solo

Primeiramente foram realizadas inspeções in loco para avaliar visualmente o solo ao longo do leito existente da rodovia, o solo presente no trecho apresenta em sua maior extensão material de composição mista, sendo identificada a ocorrência de material de 2ª categoria apresentando pedras de diâmetro médio $>0,15m$, alteração de rocha e argila de coloração vermelha ou avermelhada nas proximidades do Município de Itapuca.

Não foi constatada a presença superficial de solos moles em nenhum local ao longo do segmento. Todo o trecho é dotado de revestimento primário constituído de basalto decomposto, conforme constatado in loco, não indicamos a remoção deste material nos segmentos de aterro.

4.2 Sondagens

Devido a predominância de material de 2ª categoria, não será possível a realização de sondagens para caracterização de solos na maior parte do trecho em questão.

Por outro lado, sabe-se que a resistência destes materiais é superior quando comparada a material de 1ª categoria.

Propomos a realização de sondagens (quando o material for compatível) apenas nos trechos em corte, visto que todos os aterros serão realizados com material de 2ª e 3ª categoria (material disponível em jazidas nas proximidades).

O revestimento primário existente, por sua qualidade satisfatória, poderá ser utilizado tanto em aterros (corpo) ou permanecendo onde estiver localizado, no caso de cortes.

II – PROJETOS

1 PROJETO GEOMÉTRICO

PROJETO GEOMÉTRICO

O projeto geométrico foi desenvolvido com referência às Normas do DAER/1991 e Normas de Projeto Geométrico DAER/1994 (Aditivo 1), e também nos elementos básicos fornecidos pelos estudos de tráfego, topográficos, geotécnicos e hidrológicos.

1.1 Projeto Planimétrico

Na elaboração do Projeto Geométrico quanto à planimetria, buscamos manter o traçado o mais próximo do leito existente, buscando evitar desapropriações, porém com o objetivo de melhorar as condições planimétrica do trecho, em alguns segmentos a linha projetada foi deslocada em relação a existente (dentro dos limites da faixa de domínio).

De acordo com a contagem de tráfego, podemos enquadrar a rodovia na Classe III, o Projeto Geométrico está atendendo em toda sua extensão às condições mínimas exigidas pelas normas do DAER no tocante à raios, transições e intertangentes. Conforme apresentado em projeto anexo.

1.2 Projeto Altimétrico

O Projeto Geométrico quanto à altimetria foi desenvolvido de modo que o greide de terraplenagem respeite as condições estabelecidas para classe III, em região montanhosa, com velocidade diretriz de 40 km/h.

As condições do greide são boas, sendo empregada como curva de concordância parábolas de segundo grau. Essas parábolas foram definidas pelo parâmetro de curvatura "K" com a situação desejável para $V = 40,0$ km/h.

Nas concordâncias côncavas foi utilizado o fator “K” mínimo de 7, e para concordâncias convexas o fator “k” mínimo foi de 5.

Foram projetadas correções no greide existente visando eliminar segmentos irregulares, buscando ao máximo compatibilizar a plataforma de terraplenagem projetada com a existente. Desta forma, evitando pequenos alargamentos desnecessários, os quais gerariam grandes volumes de terraplenagem e conseqüentemente aumento de custos.

No projeto do greide, o fator considerado para a escolha das cotas além da rampa máxima (%), buscamos a compensação entre o volume do corte e de aterro, a distância de visibilidade necessária nos locais de interseções, condições de drenagem e cortes em rochas.

Os parâmetros mínimos de rampa definidos por norma estão sendo respeitados em todo o trecho projetado.

2 PROJETO DE TERRAPLANAGEM

PROJETO DE TERRAPLANAGEM

O projeto de terraplenagem foi desenvolvido com o objetivo de adequar a distribuição dos volumes de materiais destinados à conformação da plataforma da rodovia, conforme as seções transversais gabaritadas e definidas no projeto geométrico, tendo como referência as informações dos estudos geotécnicos.

1.1 Greide

O perfil longitudinal representado graficamente no projeto geométrico buscou sempre que possível efetuar o menor movimento de terra, realizando a correção das irregularidades existentes no terreno natural.

1.2 Seção Transversal

A seção transversal tipo da rodovia apresenta uma semiplataforma de terraplenagem com largura de 4,50 m para os aterros, e 5,50 m para os cortes, com inclinação transversal de -3,00% nas tangentes, e superelevação máxima de 12,00% nas curvas. Foram aplicadas superlargura e superelevação nos segmentos em curvas conforme os parâmetros da classe da rodovia (III) e sua velocidade diretriz (40 km/h).

As inclinações dos taludes adotadas para o projeto de terraplenagem variam conforme a classificação de cada tipo de material, sendo somente fixado o valor para a execução de aterros, conforme a relação das inclinações de cortes e aterros:

(V/H) – 1,00 / 1,00

1.3 Notas de Serviço de Terraplenagem

A nota de serviço de terraplenagem foi elaborada com base na definição do greide de terraplenagem e nas seções transversais gabaritadas do projeto.

Na nota de serviço de terraplenagem constam os seguintes elementos:

- *cota do eixo definida pelo greide de terraplenagem;
- *inclinação transversal definida pelas tangentes ou curvas do traçado;
- *distância até o bordo da pista definida pelas tangentes ou curvas do traçado;
- *cota do bordo da pista, definida pela relação entre a distância até o bordo da pista e a inclinação transversal da mesma seção;
- *distância até a lateral de terraplenagem definida pelas tangentes ou curvas do traçado e pela incidência da plataforma de corte (5,50 m) ou da plataforma de aterro (4,50 m)
- *cota da lateral de terraplenagem, é a relação entre a plataforma de corte/aterro e a inclinação transversal da mesma seção.

No momento da execução da locação do projeto, o profissional responsável pela demarcação do trecho deverá executar o cálculo dos off-sets, com base nas inclinações dos taludes conforme a incidência em campo, buscando sempre a melhor solução para a estabilização dos taludes sejam eles de corte ou aterro.

1.4 Cálculo de Volume e Distribuição de Terraplenagem

O cálculo de volume de terraplenagem, foi efetuado com base nas áreas de corte/aterro de cada estaca individualmente, posteriormente foi efetuado o cálculo dos volumes geométricos.

A distribuição dos volumes de corte/aterro ao longo do trecho foi efetuada a fim de diminuir as DMT's de transporte e otimizar a execução dos serviços.

3 PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

Para o dimensionamento das estruturas do pavimento adotou-se o Método de Projeto de Pavimento Flexível do DNER, de autoria do Eng.º Murillo Lopes de Souza. Trata-se de uma metodologia estabelecida pelo autor a partir de experiências do “Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos”, com o acréscimo de importantes conclusões decorrentes da Pista Experimental da AASHTO. Pelo procedimento referido, utilizado de forma quase unânime pelos órgãos rodoviários estaduais brasileiros, entre os quais encontra-se o DAER/RS, o dimensionamento do pavimento é função dos fatores abordados a seguir.

3.1 Parâmetros de Tráfego (Número N)

De acordo com as considerações expostas no capítulo *Estudos de Tráfego* deste volume, o valor do número N atingirá, ao término do período de projeto de 10 (dez) anos após a conclusão da pavimentação do trecho:

$$N = 15,32 \times 10^6 \text{ aplicações de eixo padrão de 8,2 toneladas}$$

3.2 ISC de Projeto de Subleito (ISCproj)

O ISC mínimo de projeto do subleito, em toda a extensão do trecho, foi fixado em:

$$ISC_{proj} > 9\%$$

3.3 Coeficientes de Equivalência Estrutural

Os materiais selecionados para a estrutura do pavimento possuem coeficientes de equivalência estrutural como segue:

Tratamento Superficial Duplo e Capa Selante(TSD+CS)	$k_{rev} = 2,00;$
Brita Graduada (base classe A)	$k_b = 1,00;$
Macadame Seco	$k_{sb} = 1,00.$

3.4 Pavimento Indicado

Tratamento Superficial Duplo e Capa Selante(TSD+CS)	Esp.= 2,5 cm;
Brita Graduada (base classe A – DAER)	Esp.= 15,0 cm;
Macadame Seco	Esp.= 20,0 cm;
Subleito ISC > 9%.	

A camada de revestimento do pavimento deverá ser executada na largura total da plataforma: 7,00 m de largura, devendo os acostamentos receberem revestimento primário. Em tangente, as semiplataformas terão declividade transversal de 3%, enquanto nas curvas com superelevação os acostamentos acompanharão a declividade da pista.

4 PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES

PROJETO DE DRENAGEM E OBRAS DE ARTES CORRENTES

Os elementos que serviram de base para a elaboração do projeto de drenagem e obras de artes correntes, foram obtidos através dos estudos hidrológicos e topográficos, objetivando determinar as soluções para:

- a interceptação e captação das águas superficiais e profundas, conduzindo-as a situações que assegurem o seu afastamento natural do corpo estradal, evitando a saturação das camadas do pavimento proporcionando estabilidade e proteção aos taludes de corte e aterro;
- para o rebaixamento do lençol freático;
- para condução das águas interceptadas pelo corpo estradal provenientes de talvegues naturais, através da execução de bueiros transversais.

O projeto de drenagem classifica-se conforme a sua finalidade em:

- *Drenagem de Transposição de Talvegues (OAC);
- *Drenagem Superficial; e
- *Drenagem Subterrânea.

Os dispositivos de drenagem projetados seguem os padrões especificados no Álbum Dispositivos de Drenagem do DAER/RS.

4.1 Obras de Artes Correntes (OAC)

O objetivo da drenagem de transposição de talvegues é desviar as águas pertencentes a uma bacia hidrográfica, de maneira a não comprometer a estrutura da estrada, executando-se uma linha ou mais de tubos ou células transversais transpondo os cursos d'água para seguirem seu curso natural à sua jusante.

4.2 Drenagem Superficial

A drenagem superficial de uma rodovia tem como objetivo captar as águas provenientes de áreas adjacentes as que precipitam sobre o corpo estradal, conduzindo-as à um deságue seguro.

4.2.1 SARJETAS DE CORTE

As sarjetas de corte têm como objetivo captar as águas que precipitam sobre a plataforma de corte e taludes. Em função do greide as sarjetas tem a função de coletar e encaminhar estas águas para locais de deságue seguro.

4.2.2 VALETAS DE PROTEÇÃO DE CORTE/ATERRO

As valetas de proteção de corte e aterro são canais construídos ao longo do corpo estradal que tem como finalidade principal interceptar as águas que escoam pelo terreno a montante, impedindo-as de atingir os taludes de corte/aterro. Além desta finalidade, elas também exercem a função de receber às águas de sarjetas de corte e drenos longitudinais, conduzindo-as para os dispositivos de transposição de talvegues.

4.2.3 TRANSPOSIÇÃO DE VALAS E VALETAS/BUEIROS DE ACESSO

A execução deste tipo de dispositivo propícia à passagem de veículos para acessarem propriedades e estradas vicinais, permitindo assim a continuação do escoamento das águas ao longo das sarjetas de corte ou valetas de proteção.

4.2.4 VALAS DE CAPTAÇÃO

As valas de captação são áreas de depressão rasas construídas à montante de bueiros, com a finalidade de encaminhamento de águas para o dispositivo de entrada do mesmo, de modo a evitar erosões que acarretariam no entupimento do mesmo.

4.2.5 VALAS DE DERIVAÇÃO

As valas de derivação são canais construídos à jusante de bueiros, com a finalidade de afastar e dar encaminhamento às águas provenientes dos mesmos.

4.2.6 CAIXAS COLETORAS

As caixas coletoras têm como objetivo principal coletar as águas conduzidas por sarjetas de corte, drenos longitudinais e áreas à montante da mesma.