



# PROJETO GEOMÉTRICO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

## RODOVIA ALVORADA DE MINAS

---

### DADOS DO EXECUTOR

---

<b>Empresa:</b>	Geoline Engenharia
<b>CNPJ:</b>	02.657.869/0001-39
<b>INSCRIÇÃO ESTADUAL:</b>	Isenta
<b>ENDEREÇO:</b>	Rua Amapá, 163 – Bairro Amazonas – Contagem/MG – CEP: 32240-010
<b>TELEFONE:</b>	31 3292-1313   2567-0029   2567-0069   2567-0009

Contagem  
Março de 2013



## ÍNDICE

1.	Introdução	2
2.	Parâmetros Básicos do Projeto	2
2.1.	Seção Transversal da Rodovia	3
2.2.	Apresentação do Projeto	3

## 1. INTRODUÇÃO

Na elaboração do Projeto Geométrico foram seguidos “Critérios de projetos para vias de ligação com reduzido volume de tráfego” (RT-01.46 d) do DER/MG.

A velocidade diretriz, que definiu os parâmetros para a elaboração do Projeto Geométrico, foi de 40 km/hora, classificando o terreno como montanhoso.

O Projeto Geométrico foi definido no escritório de posse dos levantamentos topográficos, e apresenta a extensão total de 7.612,23 m. A estaca 0 encontra-se no entroncamento com a MG-010, aproximadamente 3,5km após o início do trecho Entr. P/ Itaponhoacanga – Entr P/ MGC-259 A (Serro), e a estaca 380+12,23m em Alvorada de Minas.

O projeto seguiu basicamente sobre o leito da estrada existente, sendo elaboradas algumas retificações de rampas, e de curvas para melhoria dos raios. Alterações mais significativas são apresentadas a seguir:

- Entre as estacas 37 a 69 para suavizar a inclinação da estrada existente.
- Entre as estacas 153 a 161 e 204 a 210 devido à existência de curvas sucessivas e de pequenos raios.

Na elaboração do Projeto Geométrico, foram utilizados programas de computação eletrônica, e os desenhos foram executados utilizando-se os softwares AutoCAD Civil3D e AutoCAD.

## 2. PARÂMETROS BÁSICOS DO PROJETO

A rodovia foi considerada como subclasse A, segundo os dados dos Estudos de Tráfego e as características da Recomendação Técnica RT-01.46.d.

Foram adotados os seguintes parâmetros para elaboração do projeto:

- Velocidade do Projeto = 40 km/h
- Superelevação = 8,00%
- Faixa de domínio = 30 m
- Valor mínimo de “K” para curvas verticais convexas:
  - Desejável 5 (V=40 km/h)
  - Absoluto 5 (V=40 km/h)
- Valor mínimo utilizado de “K” para curvas verticais côncavas:
  - Desejável 7 (V=40 km/h)
  - Absoluto 7 (V=40 km/h)

O greide projetado corresponde ao pavimento acabado no eixo da plataforma. A rampa máxima adotada foi de 14,000% em 550,00m de extensão, e a rampa mínima de 0,54% em 10,00m de extensão.

## 2.1. SEÇÃO TRANSVERSAL DA RODOVIA

As dimensões da seção transversal para a implantação do trecho, de acordo com a RT-01.46.d, foram as seguintes:

- Pista de rolamento (2 x 3,30) = 6,60 m
- Largura de acostamento (2 x 0,40) = 0,80 m
- Dispositivo de drenagem (2 x 0,60) = 1,20 m
- Largura total da plataforma = 8,60 m
- Abaulamento na tangente = 3,00 %

## 2.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O Projeto Geométrico será apresentado em planta e perfil.

Planta desenhada na escala 1:2.000 com os seguintes elementos:

- Eixo de Projeto, estaqueado de 20 em 20m;
- Representação hipsométrica do terreno, com indicação das projeções das curvas de nível a cada 1m, abrangendo toda a faixa levantada;
- Representação das linhas de bordo da plataforma da pista atual (tracejadas) e da pista projetada (linhas contínuas);
- Representação da faixa de domínio, com largura de 30,00m;
- Quadros contendo elementos definidores das curvas horizontais;
- Cadastro de propriedade e cercas de divisas interferentes com a faixa de domínio;
- Acidentes topográficos, como cursos d'água, lagoas, brejos, etc;
- Malha de coordenadas com representação do norte verdadeiro.

Perfil longitudinal desenhado nas escalas 1:2.000 (horizontal) e 1:200 (vertical) contendo:

- Perfil do terreno natural correspondente ao eixo do Projeto;
- Greide projetado, de pavimento acabado, com indicação dos principais elementos definidores das curvas parabólicas e rampas.

Apresenta-se a seguir o quadro de Características Técnicas e Operacionais.

Características	Região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
<b>Velocidade Diretriz</b>	60 km/h	40 km/h	40 km/h
<b>Distância Mínima de Visibilidade de Parada</b>			
Desejável	85 m	45 m	45 m
Absoluta	75 m	45 m	45 m
<b>Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem</b>			
	420 m	270 m	270 m
<b>Raio Mínimo de Curva Horizontal</b>	máx. = 8% ✓	125 m	50 m
	máx. = 10% ✓	115 m	45 m
<b>Rampa Máxima</b>			
Subclasse A – 100 a 300 veículos	4%	8%	12%
Subclasse B – 0 a 100 veículos	6%	10%	15% ✓✓
<b>Valor Mínimo de “K” para Curvas Verticais Convexas</b>			
Desejável	18	5	5
Absoluto	14	5	5
<b>Valor Mínimo de “K” para Curvas Verticais Côncavas</b>			
Desejável	17	7	-
Absoluto	15	7	-
<b>Largura da Semi Pista de Rolamento</b>			
Subclasse A	3,30 a 3,00m	3,30 a 3,00m	3,30 m
Subclasse B	3,00 m	3,00 m	3,00 m
<b>Largura do Acostamento</b>			
Subclasse A	0,40 m	0,40 m	0,40 m
Subclasse B	0,50 m	0,50 m	0,50 m
<b>Largura do Dispositivo de Drenagem</b>	0,60 m	0,60 m	0,60 m
<b>Gabarito Mínimo Vertical</b>			
Desejável	5,50 m	5,50 m	5,50 m
<b>Largura da Faixa de Domínio</b>	30,00 m, simétrica ao eixo ou distância do off-set + 5 m quando exceder o limite de 15,00 m		
<b>Afastamento Lateral Mínimo do Bordo do Acostamento</b>			
Obstáculos contínuos	0,50 m	0,50 m	0,50 m
Obstáculos isolados	0,50 m	0,50 m	0,50 m

### **3. RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

Todas as especificações contidas nesse memorial devem ser consideradas durante a execução das obras da Rodovia Alvorada de Minas. Esse memorial é parte integrante do projeto de geometria e devem ser analisados de maneira conjunta.

Contagem, março de 2013

---

**Eng.º Charston de Sousa Pereira**  
**CREA/MG: 68.218/D**

## 5. PROJETO GEOMÉTRICO

### 5.1. INTRODUÇÃO

Na elaboração do Projeto Geométrico foram seguidos “Critérios de projetos para vias de ligação com reduzido volume de tráfego” (RT-01.46.d) do DER/MG.

A velocidade diretriz, que definiu os parâmetros para a elaboração do Projeto Geométrico, foi de 40 km/hora, classificando o terreno como montanhoso.

O Projeto Geométrico foi definido no escritório de posse dos levantamentos topográficos, e apresenta a extensão total de 7.612,23 m. A estaca 0 encontra-se no entroncamento com a MG-010, aproximadamente 3,5km após o início do trecho Entr. P/ Itaponhoacanga – Entr P/ MGC-259 A (Serro), e a estaca 380+12,23m em Alvorada de Minas.

O projeto seguiu basicamente sobre o leito da estrada existente, sendo elaboradas algumas retificações de rampas, e de curvas para melhoria dos raios. Alterações mais significativas são apresentadas a seguir:

- Entre as estacas 37 a 69 para suavizar a inclinação da estrada existente.
- Entre as estacas 153 a 161 e 204 a 210 devido à existência de curvas sucessivas e de pequenos raios.

Na elaboração do Projeto Geométrico, foram utilizados programas de computação eletrônica, e os desenhos foram executados utilizando-se os softwares AutoCAD Civil3D e AutoCAD.

### 5.2. PARÂMETROS BÁSICOS DO PROJETO

A rodovia foi considerada como subclasse A, segundo os dados dos Estudos de Tráfego e as características da Recomendação Técnica RT-01.46.d.

Foram adotados os seguintes parâmetros para elaboração do projeto:

- Velocidade do Projeto = 40 km/h
- Superelevação = 8,00%
- Faixa de domínio = 30 m
- Valor mínimo de “K” para curvas verticais convexas:
  - Desejável 5 (V=40 km/h)
  - Absoluto 5 (V=40 km/h)
- Valor mínimo utilizado de “K” para curvas verticais côncavas:
  - Desejável 7 (V=40 km/h)
  - Absoluto 7 (V=40 km/h)

O greide projetado corresponde ao pavimento acabado no eixo da plataforma. A rampa máxima adotada foi de 14,000% em 550,00m de extensão, e a rampa mínima de 0,54% em 10,00m de extensão.

### **5.3. SEÇÃO TRANSVERSAL DA RODOVIA**

As dimensões da seção transversal para a implantação do trecho, de acordo com a RT-01.46.d, foram as seguintes:

- Pista de rolamento (2 x 3,30) = 6,60 m
- Largura de acostamento (2 x 0,40) = 0,80 m
- Dispositivo de drenagem (2 x 0,60) = 1,20 m
- Largura total da plataforma = 8,60 m
- Abaulamento na tangente = 3,00 %

### **5.4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO**

O Projeto Geométrico será apresentado em planta e perfil.

Planta desenhada na escala 1:2.000 com os seguintes elementos:

- Eixo de Projeto, estaqueado de 20 em 20m;
- Representação hipsométrica do terreno, com indicação das projeções das curvas de nível a cada 1m, abrangendo toda a faixa levantada;
- Representação das linhas de bordo da plataforma da pista atual (tracejadas) e da pista projetada (linhas contínuas);
- Representação da faixa de domínio, com largura de 30,00m;
- Quadros contendo elementos definidores das curvas horizontais;
- Cadastro de propriedade e cercas de divisas interferentes com a faixa de domínio;
- Acidentes topográficos, como cursos d'água, lagoas, brejos, etc;
- Malha de coordenadas com representação do norte verdadeiro.

Perfil longitudinal desenhado nas escalas 1:2.000 (horizontal) e 1:200 (vertical) contendo:

- Perfil do terreno natural correspondente ao eixo do Projeto;
- Greide projetado, de pavimento acabado, com indicação dos principais elementos definidores das curvas parabólicas e rampas.



Apresenta-se a seguir o quadro de Características Técnicas e Operacionais.

Características	Região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
<b>Velocidade Diretriz</b>	60 km/h	40 km/h	40 km/h
<b>Distância Mínima de Visibilidade de Parada</b>			
Desejável	85 m	45 m	45 m
Absoluta	75 m	45 m	45 m
<b>Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem</b>			
	420 m	270 m	270 m
<b>Raio Mínimo de Curva Horizontal</b>	máx. = 8% ✓	125 m	50 m
	máx. = 10% ✓	115 m	45 m
<b>Rampa Máxima</b>			
Subclasse A – 100 a 300 veículos	4%	8%	12%
Subclasse B – 0 a 100 veículos	6%	10%	15% ✓✓
<b>Valor Mínimo de “K” para Curvas Verticais Convexas</b>			
Desejável	18	5	5
Absoluto	14	5	5
<b>Valor Mínimo de “K” para Curvas Verticais Côncavas</b>			
Desejável	17	7	-
Absoluto	15	7	-
<b>Largura da Semi Pista de Rolamento</b>			
Subclasse A	3,30 a 3,00m	3,30 a 3,00m	3,30 m
Subclasse B	3,00 m	3,00 m	3,00 m
<b>Largura do Acostamento</b>			
Subclasse A	0,40 m	0,40 m	0,40 m
Subclasse B	0,50 m	0,50 m	0,50 m
<b>Largura do Dispositivo de Drenagem</b>	0,60 m	0,60 m	0,60 m
<b>Gabarito Mínimo Vertical</b>			
Desejável	5,50 m	5,50 m	5,50 m
<b>Largura da Faixa de Domínio</b>	30,00 m, simétrica ao eixo ou distância do off-set + 5 m quando exceder o limite de 15,00 m		
<b>Afastamento Lateral Mínimo do Bordo do Acostamento</b>			
Obstáculos contínuos	0,50 m	0,50 m	0,50 m
Obstáculos isolados	0,50 m	0,50 m	0,50 m



# PROJETO DE TERRAPLENAGEM ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

## RODOVIA ALVORADA DE MINAS

---

### DADOS DO EXECUTOR

---

**Empresa:** Geoline Engenharia  
**CNPJ:** 02.657.869/0001-39  
**INSCRIÇÃO ESTADUAL:** Isenta  
**ENDEREÇO:** Rua Amapá, 163 – Bairro Amazonas – Contagem/MG – CEP: 32240-010  
**TELEFONE:** 31 3292-1313 | 2567-0029 | 2567-0069 | 2567-0009

Contagem  
Março de 2013



## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Metodologia</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Definições Básicas</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>Notas de Serviço</b>	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>Cálculo dos Volumes de Terraplenagem</b>	<b>4</b>
<b>6.</b>	<b>Distribuição de Materiais</b>	<b>4</b>
<b>7.</b>	<b>Recomendações Construtivas</b>	<b>5</b>
<b>8.</b>	<b>Apresentação</b>	<b>5</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto de Terraplenagem foi elaborado de forma a definir as escavações e aterros necessários à implantação da rodovia, de acordo com os elementos fornecidos pelos estudos topográficos e definições do projeto geométrico, além das recomendações dos estudos geotécnicos.

## 2. METODOLOGIA

Projeto de Terraplenagem compreendeu em linhas gerais:

- Cálculo eletrônico das Notas de Serviços;
- Cálculo eletrônico dos Volumes de cortes e aterros;
- Análise, visando a classificação dos materiais a serem escavados e sua quantificação;
- Cálculo das DMTs, objetivando minimizar as distâncias de transporte em função do equipamento;
- Distribuição racional dos volumes a serem escavados em cortes e empréstimos, indicando a origem e a destinação nas camadas de aterros ou em eventuais bota-foras;
- Definição do grau de compactação a ser exigido nos aterros;

## 3. DEFINIÇÕES BÁSICAS

Os elementos básicos empregados no projeto foram:

- Geometria do traçado definido no projeto geométrico;
- Largura da plataforma.

A geometria dos taludes foi definida através da recomendação técnica RT01.46d do DER/MG, foram adotados:

- Taludes de corte em solo:
  - Inclinação: 3,0 : 2,0 (V/H)
- Talude de corte em rocha:
  - Inclinação: 8,0 : 1,0 (V/H)
- Taludes de aterro:
  - Inclinação: 1,0: 1,5 (V/H)

Os estudos geotécnicos forneceram indicações para se proceder a classificação e destino dos materiais escavados.

#### **4. NOTAS DE SERVIÇO**

As notas de serviço são de pavimento acabado e foram calculadas por processamento eletrônico, atendendo às indicações da recomendação técnica quanto à inclinação dos taludes e às características do projeto geométrico (quanto à planta, perfil e seção transversal-tipo).

As notas de serviço apresentam os seguintes dados, para cada estaca:

- Cotas do terreno, do eixo e do projeto;
- Diferença entre as cotas do terreno e do eixo (cota vermelha);
- Afastamentos referidos ao eixo de projeto, cotas e declividades transversais das bordas externas das semiplataformas;
- Elementos definidores dos “off-sets” (afastamento, cota e desnível relativo do bordo da plataforma de terraplenagem).

#### **5. CÁLCULO DOS VOLUMES DE TERRAPLENAGEM**

O cálculo dos volumes de terraplenagem foi também realizado por meio de processamento eletrônico de dados. As planilhas de cubação indicam as áreas de corte e aterro das seções do terrapleno, bem como os volumes parciais e acumulados dos materiais escavados e dos aterros (volume geométrico).

#### **6. DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS**

Nos quadros de distribuição de terra são apresentados os resultados do balanço da distribuição dos materiais e o destino dos materiais escavados, conforme sua classificação, definindo o plano de execução da terraplenagem. Para compensar as perdas no transporte, diferenças entre a densidade “in situ” e a densidade do maciço compactado e os excessos de largura, os volumes dos aterros foram calculados com acréscimo de 30%.

As distâncias de transporte foram calculadas com base na posição dos centros de gravidade dos maciços, tomando-se a distância real definida pelas condições geométricas do perfil.

Foram também observadas, na distribuição, as características geotécnicas dos solos a serem empregados nos aterros, tendo em vista o valor do ISC de projeto adotado no dimensionamento do pavimento e a expansão dos materiais.

Para isto, foi usada a seguinte nomenclatura:

- Cortes: são segmentos de rodovia cuja implantação requer escavação do material constituinte do terreno natural, ao longo do eixo e/ou no interior dos limites das seções do projeto (off-sets) que definem o corpo estradal. Eles foram em material de 1ª, 2ª e 3ª categoria.
- Aterros: Quando as características geotécnicas dos materiais apresentarem  $ISC \geq 2\%$  e expansão  $\leq 4\%$ , poderão ser utilizados, no corpo de aterro. O grau de compactação será 95% do Proctor normal;
- Acabamento de terraplenagem: Os últimos 0,60m dos aterros, serão compactados com grau de compactação de 100% do Proctor internormal, em camadas de 0,20m, utilizando material com  $ISC \geq ISC_{proj}$  e/ou expansão  $\leq 2\%$ ;
- Substituição do Material do Subleito: são segmentos da rodovia cuja operação indica a remoção dos materiais com  $ISC < ISC_{proj}$  e/ou expansão  $> 2\%$ . Nesses locais após a remoção dos materiais, é indicada a colocação de novos materiais atendendo aos mesmos parâmetros geotécnicos para o acabamento de terraplenagem.
- Remoção Rochosa do Material do Subleito: é a operação indicada nos locais onde foram detectados materiais de 3ª categoria e serão executados colchões drenantes. Para a execução dessa operação foi necessário um rebaixo de 60 cm em relação ao greide de terraplenagem.

## 7. RECOMENDAÇÕES CONSTRUTIVAS

Os materiais excedentes dos cortes foram destinados a bota-foras, que se localizarão em locais definidos e apresentados na distribuição dos materiais. Os bota-foras deverão ser compactados, conformados e protegidos com vegetação.

## 8. APRESENTAÇÃO

O Projeto de Terraplenagem é apresentado no Volume 2 – Projeto de Execução compreendendo:

- “Off-Set’s” lançados nas pranchas dos Projetos Geométrico;
- Seções transversais-tipo de terraplenagem;
- Planilhas de Distribuição de Materiais; e,
- Quadro Resumo Geral da Distribuição dos Materiais.

## **9. RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

Todas as especificações contidas nesse memorial devem ser consideradas durante a execução das obras da Rodovia Alvorada de Minas. Esse memorial é parte integrante do projeto de geometria e devem ser analisados de maneira conjunta.

Contagem, março de 2013

---

**Eng.º Charston de Sousa Pereira**  
**CREA/MG: 68.218/D**



# PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

## RODOVIA ALVORADA DE MINAS

---

### DADOS DO EXECUTOR

---

**Empresa:** Geoline Engenharia  
**CNPJ:** 02.657.869/0001-39  
**INSCRIÇÃO ESTADUAL:** Isenta  
**ENDEREÇO:** Rua Amapá, 163 – Bairro Amazonas – Contagem/MG – CEP: 32240-010  
**TELEFONE:** 31 3292-1313 | 2567-0029 | 2567-0069 | 2567-0009

Contagem  
Março de 2013





## ÍNDICE

1.	Introdução .....	3
2.	Metodologias .....	3
3.	Parâmetros de Projetos .....	3
3.1.	Subleito .....	4
3.2.	Número “N” .....	4
4.	Dimensionamento do Pavimento .....	4
4.1.	Método da Resiliência .....	4
5.	Resumo do Pavimento .....	12
6.	Concepção das Camadas do Pavimento .....	12
6.1.	Regularização do Subleito .....	12
6.2.	Camada de Sub-Base .....	12
6.3.	Camada de Base .....	12
6.4.	Imprimação .....	13
6.5.	Pintura de Ligação .....	13
6.6.	Revestimento - Camada de Desgaste .....	13
6.7.	Substituição do Subleito .....	13

## 1. Introdução

O Projeto do pavimento a ser implantando foi desenvolvido visando a concepção e dimensionamento de uma estrutura capaz de suportar a atuação das cargas do tráfego e estabelecer condições de serventia ao pavimento, proporcionando melhores condições de segurança e conforto ao tráfego usuário.

O projeto foi desenvolvido a partir dos elementos levantados pelos Estudos Geotécnicos elaborados pela Consultora, contemplando basicamente as seguintes atividades:

Caracterização geométrica e geotécnica do pavimento existente, do subleito da pista de rolamento, através da realização de sondagens a pá e picareta/trado e ensaios rotineiros, de campo e em laboratório, com os materiais integrantes das camadas do pavimento existente e do subleito da pista nova;

Pesquisa e identificação de ocorrências de materiais (jazidas de materiais granulares, pedreiras e areais) para emprego nas camadas do pavimento.

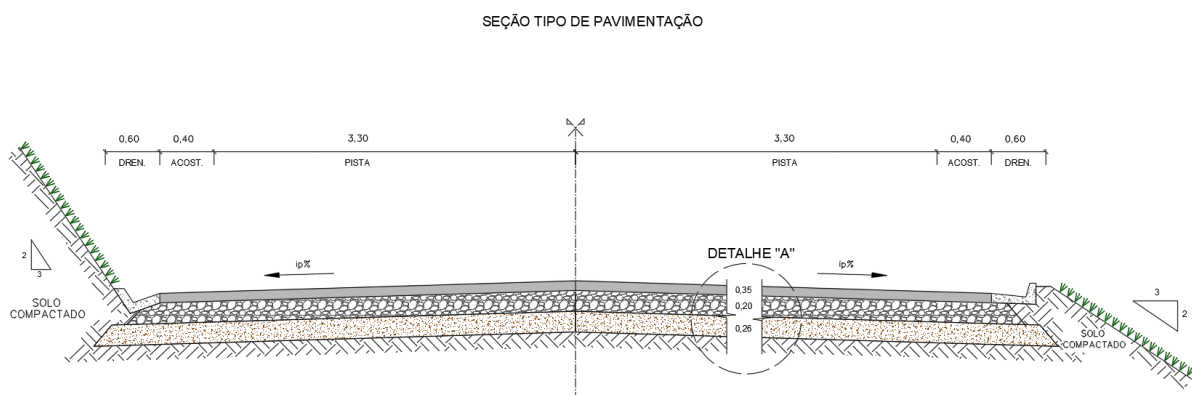
O projeto foi elaborado ainda com base nos Estudos de Tráfego, que possibilitaram a determinação do parâmetro de tráfego a ser utilizado no dimensionamento do pavimento, representado pelo Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2tf.

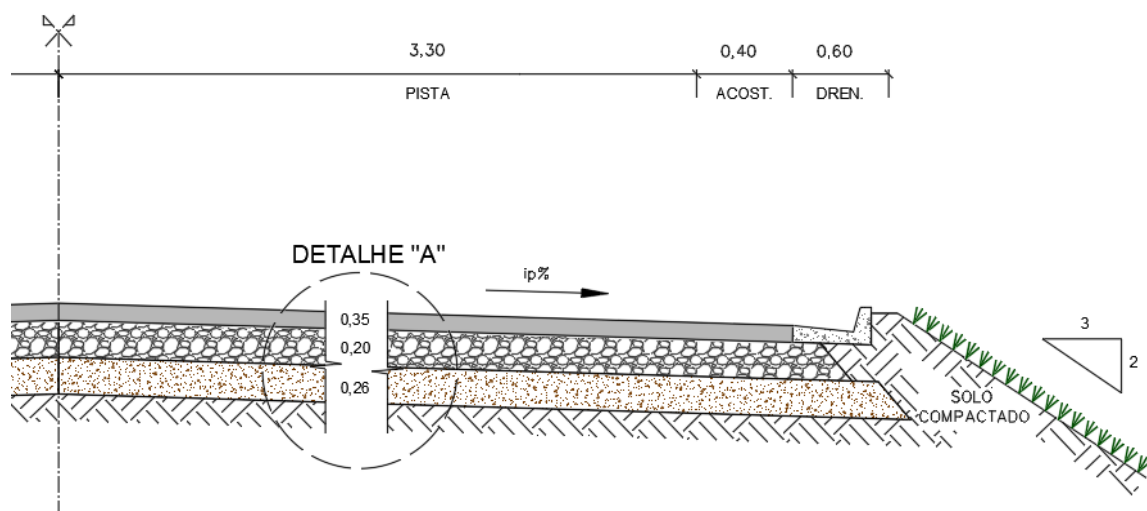
## 2. Metodologias

O dimensionamento para o acesso a Alameda do Morro em Nova Lima-MG foi efetuado segundo Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER/DNIT, elaborado originalmente pelo Eng<sup>o</sup>. Murillo Lopes de Souza em 1961 e encontrado no Manual e Pavimentação do DNER, publicação 697/100 de 1996 e pelo “Método da Resiliência”, proposto pelos Eng<sup>o</sup> Ernesto Simões Preussler e Salomão Pinto, também conhecido como TECNAPAV. O Método é apresentado no Manual de Pavimentação do DNER (edição de 1996).

## 3. Parâmetros de Projetos

### 3.1. Seção Tipo





### 3.2. Subleito

A definição da capacidade de suporte mínima dos materiais que deverão constituir o subleito da via foi definida no âmbito dos estudos geotécnicos, foi efetuada a partir da análise estatística dos resultados dos ensaios realizados em amostras coletadas ao longo de todo corpo estradal a ser implantado e do Gráfico de Parâmetros do Subleito.

Considerou-se um ISCproj. para a camada de fundação do pavimento de 6%, em um segmento homogêneo único.

### 3.3. Número “N”

Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 tf para período de projeto de 10 anos foi fornecido pelos Estudos de Tráfego, sendo considerado:

Segmento	Número N(USACE)	Número N (AASHTO)
Rodovia Alvorada de Minas (Entre o Entroncamento da MG-010 com Rodovia Alvorada de Minas até o município de Alvorada de	$1,16 \times 10^5$	$4,42 \times 10^5$

## 4. Dimensionamento do Pavimento

### 4.1. Método da Resiliência

Os Engenheiros Ernesto Preussler e Salomão Pinto propuseram um método de dimensionamento para pavimentos flexíveis denominados Método da Resiliência, que foi incorporado ao Manual de Pavimentação do DNER (atual DNIT) em 1996.

Segundo seus autores, o método é baseado em modelos de resiliência, e tem como principal vantagem a possibilidade de se poder calcular de forma simplificada o número cumulativo de repetições (N) da deflexão (D) que provoca a ruptura por fadiga do revestimento asfáltico. Nesta metodologia, considera-se o valor estrutural da camada betuminosa em função do tipo de subleito e do tráfego futuro, leva-se em conta o comportamento elástico não linear dos solos e materiais granulares, e toma-se partido da boa qualidade dos solos argilosos de comportamento laterítico. Admite-se, ainda, o método empírico do DNER, elaborado pelo Eng<sup>o</sup> Murillo Lopes de Souza, para o cálculo da espessura total do pavimento em termos de camada granular, de forma a proteger o subleito quanto ao aparecimento de deformações permanentes excessivas.

Nesta metodologia, os solos de granulometria fina constituintes dos subleitos devem ser classificados num dos seguintes tipos:

- a. Solo tipo I - possui bom comportamento quanto à resiliência, podendo ser utilizado como subleito e reforço, e em alguns casos como sub-base;
- b. Solo tipo II - possui comportamento regular quanto à resiliência, podendo ser utilizado como subleito e reforço;
- c. Solo tipo III - possui comportamento ruim quanto à resiliência, sendo vedado seu emprego em camadas do pavimento.

A classificação é feita de maneira indireta, utilizando-se a porcentagem de silte presente na fração fina do solo juntamente com o valor de seu CBR. Maiores detalhes podem ser encontrados no Manual de Pavimentação do DNER, publicação de 1996.

A espessura mínima do revestimento betuminoso ( $h_{cb}$ ) é calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$h_{cb} = -5,737 + \frac{807,961}{D_p} + 0,972i_1 + 4,10i_2$$

Onde:

I1 e I2 - são constantes relacionadas às características resilientes do subleito:

Tipo I: I1 = 0 e I2 = 0

Tipo II: I1 = 1 e I2 = 0

Tipo III: I1 = 0 e I2 = 1

$D_p$  - deflexão de projeto (0,01 mm)

$h_{cb}$  - espessura mínima da camada betuminosa (cm).

A deflexão de projeto ( $D_p$ ) deve ser menor ou igual à deflexão admissível ( $D_{adm}$ ), sendo esta calculada através da seguinte equação:

$$\log \bar{D} = 3,148 - 0,188 \cdot \log N$$

Onde:

N = número de repetições do eixo simples padrão de 80 kN;

$D_{adm}$  = deflexão máxima admissível (0,01 mm).

Na prática do dimensionamento, adota-se  $D_p = D_{adm}$ .

A espessura da camada granular ( $H_{cg}$ ) é determinada a partir da equação a seguir:

$H_{cb} \times V_e + H_{cg} = H_t$ ; sendo que  $H_{cg} \leq 35$  cm)

Onde:

$H_{cb}$  - espessura mínima da camada betuminosa (cm);

$V_e$  - valor estrutural do revestimento betuminoso;

$H_{cg}$  - espessura da camada granular (cm);

$H_t$  - espessura total do pavimento (cm).

Ressalta-se que neste método de projeto o valor estrutural do revestimento betuminoso depende do tipo de subleito e do tráfego de projeto.

Procedeu-se o dimensionamento do pavimento pelo “**Método da Resiliência**”, através das seguintes etapas:

Etapa 1 - Definição do número de operações do eixo padrão de 8,2tf para o período de projeto;

Etapa 2 - Definição do valor do ISC do subleito de projeto;

Etapa 3 - Classificação do solo do subleito quanto à resiliência: solo tipo I, solo tipo II e solo tipo III.

Etapa 4 - Determinação da espessura equivalente do pavimento ( $H_t$ ), a partir do CBR do subleito e do número  $N$ .

Etapa 5 - Cálculo da deflexão prevista na superfície do revestimento:  $D = D_p$ .

Etapa 6 - Determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso:  $H_{cb}$ .

Etapa 7 - Determinação do valor estrutural do revestimento betuminoso, em função do número  $N$  e do tipo do subleito:  $V_E$ .

Etapa 8 - Cálculo da espessura da camada granular que engloba as camadas de base e sub-base:  $H_{CG}$ .

a) Método do DNER (Método da Resistência)

Objetivando estabelecer o dimensionamento do pavimento foi utilizado o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER/DNIT, elaborado originalmente pelo Eng<sup>o</sup>. Murillo Lopes de Souza em 1961 e encontrado no Manual de Pavimentação do DNER, publicação 697/100 de 1996.

O método tem como base o trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, de autoria de W. J. Turnbull, C. R. Foster e R. G. Alvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA e de conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO (*AASHTO Road Test*).

Relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural, tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações julgadas oportunas.

A avaliação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos é feita pelo ensaio CBR, adotando-se o método de ensaio preconizado pelo DNER em corpos-de-prova moldados em laboratório, nas condições de massa específica aparente e umidade específica para o serviço no campo e submetidos a uma embebição durante quatro dias.

O subleito e as diferentes camadas do pavimento devem ser compactados de acordo com os valores fixados nas “Especificações Gerais do DNIT”, recomenda-se que, o grau de compactação não seja inferior a 100%.

O método do DNER observa que as espessuras recomendadas visam, especialmente, as bases de comportamento puramente granular e foram definidas pelas observações efetuadas, porém, é claro, ao dizer que é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária.

As espessuras recomendadas são as seguintes:

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO	
$N \leq 10^6$	<b>Tratamentos superficiais betuminosos</b>
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	<b>Revestimento asfáltico com 5,0 cm de espessura</b>
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	<b>Concreto asfáltico com 7,5 cm de espessura</b>
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	<b>Concreto asfáltico com 10,0 cm de espessura</b>
$N > 5 \times 10^7$	<b>Concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura</b>

Após determinar a espessura total do pavimento ( $H_t$ ), em termos de material granular, e fixada a do revestimento ( $R$ ), procede-se ao cálculo das espessuras das demais camadas considerando-se os materiais disponíveis para cada uma delas e seus respectivos coeficientes de equivalência estrutural. As espessuras da base ( $B$ ), sub-base ( $h_{20}$ ) e do reforço do subleito ( $h_n$ ) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

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

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$

Onde:

$R$  – Espessura do revestimento (cm)

$K_R$  – coeficiente de equivalência estrutural do revestimento

$B$  – Espessura da base (cm)

$K_B$  – coeficiente de equivalência estrutural da base

$h_{20}$  – espessura da sub-base (cm)

$K_{SB}$  – coeficiente de equivalência estrutural da sub-base

REF – espessura do reforço (cm)

$K_{ref}$  – coeficiente de equivalência estrutural do reforço

$H_{20}$  – espessura de material granular padrão necessária à proteção da sub-base

$H_n$  – espessura de material granular padrão necessária à proteção do reforço

$H_m$  – espessura de material granular padrão necessária à proteção do subleito

Para fins de dimensionamento, o ISC da sub-base deve ser sempre considerado como igual a 20, mesmo que o material indicado para essa camada apresente valor de ISC superior.

As espessuras do reforço foram definidas a partir das orientações do DER-MG.

Os valores dos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais constituintes das camadas do pavimento, em relação à camada de base granular tomada com  $K = 1,00$  são os seguintes:

Revestimento em CBUQ:	$K_r = 2,0;$
Camada de base granular:	$K_b = 1,0;$
Camada de sub-base granular:	$K_{sb} = 1,0.$

Esses parâmetros estão representados na Figura 1 a seguir.

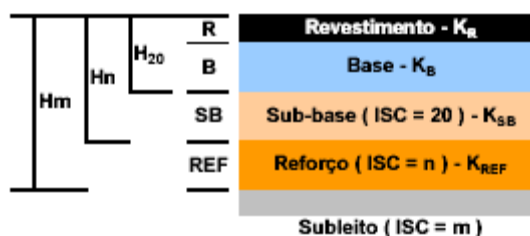


Figura 01: Esquema gráfico do pavimento e parâmetros de dimensionamento

## b) Recomendações Executivas

O método faz as seguintes recomendações de caráter executivo:

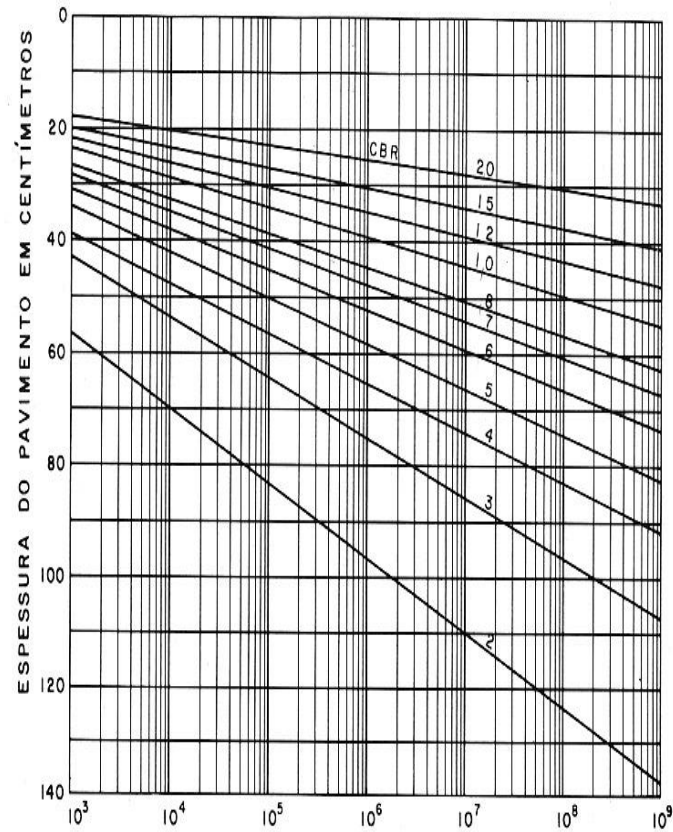
O subleito e todas as camadas granulares do pavimento deverão ser compactados com, no mínimo, 100 % de grau de compactação.

Todos os materiais do subleito que apresentam  $ISC < 8 \%$  e/ou expansão  $> 2 \%$  deverão ser substituídos por materiais com  $ISC > ISC$  de projeto determinado para o subleito.

A menor espessura a ser adotada para as camadas granulares do pavimento é 15 cm.

A espessura mínima e máxima de compactação de materiais granulares são, respectivamente, 10,0 cm e 20,0 cm.

As espessuras mínimas de revestimento betuminoso são obtidas em função do número N e as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$ ,  $H_{20}$  são obtidas pelo gráfico apresentado na Figura abaixo.



**OPERAÇÕES DE EIXO DE 8,2 TONELADAS**  
**Ábaco de dimensionamento do Método DNER, 1996**

$$H_n = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

As Tabelas a seguir, apresentam as memórias de cálculo dos dimensionamentos aplicando as duas metodologias citadas.



## VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DA RESILIÊNCIA (E.S. PREUSSLER / S. PINTO)

### DADOS DO PAVIMENTO

NÚMERO "N" =  $1,16 \times 10^6$

DADOS PARA O DIMENSIONAMENTO:
REVESTIMENTO = Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ
BASE = Cascalho Proveniente da J-01
ISC = $\geq 60\%$
SUB-BASE = Cascalho Proveniente da J-01
ISC = $\geq 20\%$
REFORÇO = -
ISC = -

SUBLEITO                      ISC =                      6%

% SILTE =    35 a 65% (Estimado)

PERÍODO DE PROJETO P = 10                      ANOS

		TIPO DO SUBLEITO		
		ISC	> 10%	6 a 9%
% DE SILTE	< 35%	I	II	III
	35 a 65%	II	II	III
	> 65%	III	III	III

TIPO DO SUBLEITO	$i_1$	$i_2$	V.E.		
			$N \leq 10^6$	$10^6 < N < 10^7$	$N \geq 10^7$
I	0	0	4,0	3,4	2,8
II	1	0	3,0	3,0	2,8
III	0	1	2,0	3,0	2,0

TIPO DO SUBLEITO = II

$i_1 = 1$

$i_2 = 0$

V.E. = 3,0

### PREVISÃO DA DEFLEXÃO :

$$\log D_p = 3,148 - 0,188 \log N$$

$$D_p = 102 \text{ (0,01 mm)}$$

### REVESTIMENTO MÍNIMO (em CBUQ) :

$$h_{cb} = \frac{807,961}{D_p} + 0,972 i_1 + 4,101 i_2 - 5,737$$

$$h_{cb} = 3,2 \text{ (cm)} \quad \text{Adotado 3,5 cm de CBUQ}$$

### ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO

$$ht = 77,67 \times N^{0,0482} \times \text{CBR}^{-0,598}$$

$$ht = 52,1 \text{ cm}$$

### VERIFICAÇÃO QUANTO A RESILIÊNCIA:

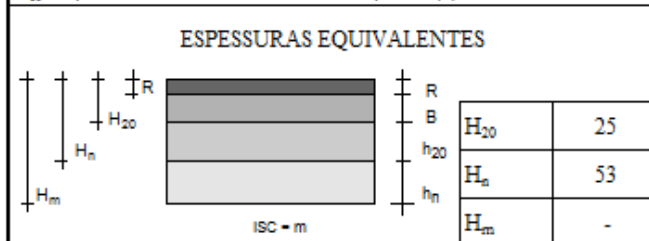
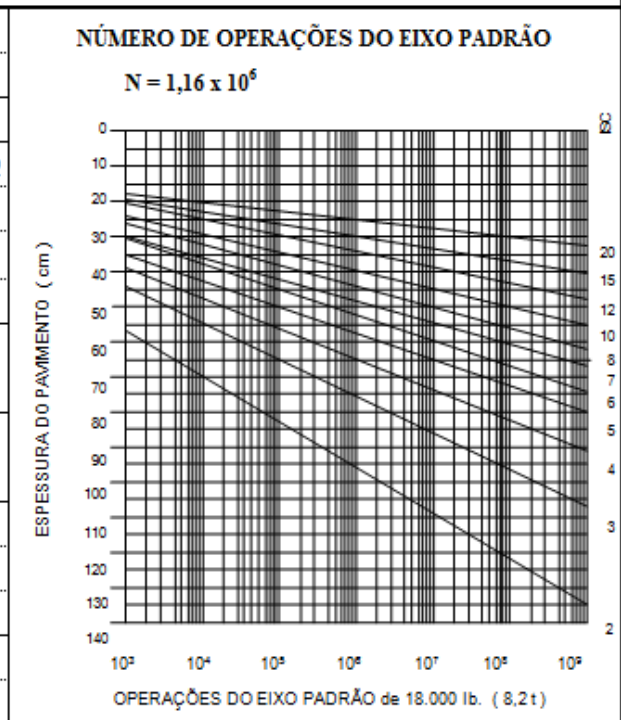
$$H_{cg} = ht - (h_{cb} \times VE)$$

$$H_{cg} = 52,1 - (3,5 \times 3,00)$$

$$H_{cg} = 41,6 \text{ cm}$$

**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO PELO MÉTODO DO DNER**  
(ENG<sup>o</sup> MURILLO LOPES DE SOUZA)

CARACTERÍSTICAS DO SUBLEITO		
I.S.C. PROJETO	6	%
COMPONENTES DO PAVIMENTO		
REVESTIMENTO	Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ	
BASE	Cascalho proveniente da Jazida J-01	
SUB-BASE	Cascalho proveniente da Jazida J-01	
REFORÇO	-	
CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS EMPREGADOS NO PAVIMENTO		
COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL		I.S.C.
BASE	$K_B = 1,00$	$\geq 60\%$
SUB-BASE	$K_{SB} = 1,00$	$\geq 20\%$
REFORÇO	$K_{REF} =$	-
REVESTIMENTO		
$K_R = 2,0$	ESPESSURA= 3,5 cm (*)	



**OBSERVAÇÕES**

(\*) Adotada a espessura definida pelo método da resiliência.

**CÁLCULO DAS ESPESSURAS:**

1)  $RK_R + BK_B \geq H_{20}$

$3,5 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 25,0$

$B \geq 25,0 - 7,0$

$B \geq 18,0 \longrightarrow 20,0 \text{ cm}$

2)  $RK_R + BK_B + h_{20}K_s \geq H_n$

$3,5 \times 2,00 + 20,0 \times 1,0 + h_{20} \times 1,00 \geq 53,0$

$h_{20} \geq 53,0 - 27,0$

$h_{20} \geq 26,0 \longrightarrow h_{20} = 26,0 \text{ cm}$

3)  $RKR + BKB + h_{20}KS + h_nK_{ref} \geq H_m$

ESPESSURAS ( cm )	
REVESTIMENTO	3,5
BASE	20,0
SUB-BASE	26,0
REFORÇO	-

## 5. Resumo do Pavimento

O dimensionamento do pavimento obtido para todo o subtrecho em questão, com base nas premissas acima definidas é o seguinte:

- Camada de rolamento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente: espessura de **3,5 cm**;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em pista: espessura de **20,0 cm**;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em pista: espessura de **26,0 cm**;

## 6. Concepção das Camadas do Pavimento

Apresentam-se, a seguir, as principais condições executivas das diversas camadas do pavimento.

### 6.1. Regularização do Subleito

Os materiais constituintes do subleito deverão apresentar ISC igual ou superior ao adotado no dimensionamento do pavimento (**ISC  $\geq$  6%**) e, ainda, **expansão  $\leq$  2%**.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 137/2010-ES – "Regularização do Subleito".

### 6.2. Camada de Sub-Base

A camada de sub-base será de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com Cascalho proveniente da Jazida J-01, localizada a uma distância de 8,0 Km da estaca 0 (zero) do projeto.

A espessura da camada de sub-base será de 26,0 cm de espessura e deverá ser compactada com a energia referente ao Proctor Intermediário com variação da umidade de – 1,00 % a + 1,00 % em relação à umidade ótima.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 139/2010-ES – "Sub-Base Estabilizada Granulometricamente".

### 6.3. Camada de Base

A camada de base será de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com Cascalho proveniente da Jazida J-01, localizada a uma distância de 8,0 Km da estaca 0 (zero) do projeto.

A espessura da camada de base será de 20,0 cm de espessura e deverá ser compactada com a energia referente ao Proctor Intermediário com variação da umidade de – 0,50 % a + 0,50 % em relação à umidade ótima.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 141/2010-ES – "Base Estabilizada Granulometricamente".

#### **6.4. Imprimação**

A imprimação deverá ser executada utilizando-se asfalto diluído CM-30, cuja taxa de aplicação será de 1,2l/m<sup>2</sup>.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT-ES 144/2010 para "Imprimação".

#### **6.5. Pintura de Ligação**

A pintura de ligação será com material betuminoso emulsão asfáltica tipo RR-1C, aplicada a uma taxa de cerca de 0,50 l/m<sup>2</sup>.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 145/2010-ES – "Pintura de Ligação".

#### **6.6. Revestimento - Camada de Desgaste**

A camada de revestimento do pavimento novo será constituída de uma camada em Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ Faixa "C", com espessura de 3,5 cm.

Devido ao fato da obra em projeto requerer médio volume de massa, que representa um fator limitante a instalação de nova usina de asfalto, a massa asfáltica deverá ser obtida em usina comercial e licenciada na região do projeto, desde que, o material atenda a especificação estipulada no projeto. Foi estimada uma distância de transporte 40,0km do início do projeto.

Todos os serviços deverão seguir a especificação – DNIT-031/2006-ES – “Concreto Asfáltico”.

#### **6.7. Substituição do Subleito**

Nos locais com materiais com expansão > 2% e ISC < 6%, recomenda-se a substituição destes materiais por solos que apresentam expansão < 2% e ISC ≥ 6%.

A camada de reforço deverá ser compactada com a energia de referência do Proctor Normal variação de umidade de – 1,50% a + 1,00% em relação à umidade ótima.

Os valores de ISC são referentes à Energia do Proctor normal. O quadro a seguir, apresenta os segmentos a serem substituídos e a espessura.

PLANILHA DE SUBSTITUIÇÃO DO SUBLEITO													
SEGMENTO ENTRE ESTACAS						FURO	ESTACA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)	ESPESSURA (cm)	EXTENSÃO (m)		
EST.	3	+	10,0	A	7	+	0,0	ST-02	6	4,35	3,9	60,0	70,0
EST.	7	+	0,0	A	12	+	0,0	ST-03	10	4,45	2,90	60,0	100,0
EST.	12	+	0,0	A	15	+	0,0	ST-04	14	0,10	4,50	40,0	60,0
EST.	20	+	0,0	A	24	+	0,0	ST-05 AM-2	22	1,45	3,2	40,0	80,0
EST.	24	+	0,0	A	26	+	10,0	ST-06	26	3,5	3,1	60,0	50,0
EST.	31	+	10,0	A	35	+	0,0	ST-07	32	1,60	4,2	40,0	70,0
EST.	47	+	0,0	A	50	+	10,0	ST-09	48	4,1	4,6	60,0	70,0
EST.	50	+	10,0	A	62	+	0,0	ST-10	53	2,2	3,9	60,0	230,0
EST.	161	+	0,0	A	165	+	10,0	ST-28	163	3,8	4,8	60,0	90,0
EST.	171	+	0,0	A	175	+	0,0	ST-30	173	0,4	4,0	40,0	80,0
EST.	183	+	0,0	A	193	+	10,0	ST-32	186	1,7	4,4	40,0	210,0
EST.	193	+	10,0	A	199	+	10,0	ST-34	196	1,4	4,7	40,0	120,0
EST.	205	+	10,0	A	210	+	0,0	ST-35 AM-2	207	3,2	4,5	60,0	90,0
EST.	229	+	10,0	A	234	+	10,0	ST-40 AM-2	232	2,4	6,6	60,0	100,0
EST.	256	+	0,0	A	258	+	10,0	ST-46	258	2,0	4,2	60,0	50,0
EST.	302	+	0,0	A	307	+	10,0	ST-53	305	3,0	4,4	60,0	110,0
EST.	312	+	10,0	A	315	+	10,0	ST-55	315	2,8	4,1	60,0	60,0
EST.	321	+	0,0	A	325	+	10,0	ST-56	323	3,8	3,8	60,0	90,0
EST.	325	+	10,0	A	330	+	10,0	ST-57	328	3,2	4,3	60,0	100,0
EST.	330	+	10,0	A	335	+	10,0	ST-58 AM-2	333	3,1	3,1	60,0	100,0
EST.	335	+	10,0	A	340	+	10,0	ST-59	338	3,3	3,1	60,0	100,0
EST.	340	+	10,0	A	343	+	0,0	ST-60 AM-2	343	3,0	4,9	60,0	50,0
EST.	374	+	10,0	A	378	+	0,0	ST-64	377	2,4	5,0	60,0	70,0
<b>Observações:</b>													

## **7. Responsabilidade Técnica**

Todas as especificações contidas nesse memorial devem ser consideradas durante a execução das obras da Rodovia Alvorada de Minas. Esse memorial é parte integrante do projeto de pavimentação e devem ser analisados de maneira conjunta.

Contagem, março de 2013

---

**Eng.º Charston de Sousa Pereira**  
**CREA/MG: 68.218/D**

## ÍNDICE

<b>8. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....</b>	<b>2</b>
8.1. INTRODUÇÃO .....	3
8.2. Metodologias .....	3
8.3. Parâmetros de Projetos.....	3
8.4. Dimensionamento do Pavimento .....	3
8.5. Resumo do Pavimento .....	10
8.6. Concepção das Camadas do Pavimento.....	10
8.7. Regularização do Subleito .....	10
8.8. Camada de Sub-Base .....	10
8.9. Camada de Base.....	10
8.10. Imprimação .....	10
8.11. Pintura de Ligação .....	10
8.12. Revestimento - Camada de Desgaste .....	11
8.13. Substituição do Subleito .....	11

## ***8. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO***

---



## 8.1. INTRODUÇÃO

O Projeto do pavimento a ser implantando foi desenvolvido visando a concepção e dimensionamento de uma estrutura capaz de suportar a atuação das cargas do tráfego e estabelecer condições de serventia ao pavimento, proporcionando melhores condições de segurança e conforto ao tráfego usuário.

O projeto foi desenvolvido a partir dos elementos levantados pelos Estudos Geotécnicos elaborados pela Consultora, contemplando basicamente as seguintes atividades:

Caracterização geométrica e geotécnica do pavimento existente, do subleito da pista de rolamento, através da realização de sondagens a pá e picareta/trado e ensaios rotineiros, de campo e em laboratório, com os materiais integrantes das camadas do pavimento existente e do subleito da pista nova;

Pesquisa e identificação de ocorrências de materiais (jazidas de materiais granulares, pedreiras e areais) para emprego nas camadas do pavimento.

O projeto foi elaborado ainda com base nos Estudos de Tráfego, que possibilitaram a determinação do parâmetro de tráfego a ser utilizado no dimensionamento do pavimento, representado pelo Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2tf.

## 8.2. Metodologias

O dimensionamento para o acesso a Alameda do Morro em Nova Lima-MG foi efetuado segundo Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER/DNIT, elaborado originalmente pelo Eng<sup>o</sup>. Murillo Lopes de Souza em 1961 e encontrado no Manual e Pavimentação do DNER, publicação 697/100 de 1996 e pelo “Método da Resiliência”, proposto pelos Eng<sup>o</sup> Ernesto Simões Preussler e Salomão Pinto, também conhecido como TECNAPAV. O Método é apresentado no Manual de Pavimentação do DNER (edição de 1996).

## 8.3. Parâmetros de Projetos

### Subleito

A definição da capacidade de suporte mínima dos materiais que deverão constituir o subleito da via foi definida no âmbito dos estudos geotécnicos, foi efetuada a partir da análise estatística dos resultados dos ensaios realizados em amostras coletadas ao longo de todo corpo estradal a ser implantado e do Gráfico de Parâmetros do Subleito.

Considerou-se um ISCproj. para a camada de fundação do pavimento de 6%, em um segmento homogêneo único.

### Número “N”

Número "N" de repetições do eixo simples padrão de rodas duplas de 8,2 tf para período de projeto de 10 anos foi fornecido pelos Estudos de Tráfego, sendo considerado:

Segmento	Número N(USACE)	Número N (AASHTO)
Rodovia Alvorada de Minas (Entre o Entroncamento da MG-010 com Rodovia Alvorada de Minas até o município de Alvorada de	$1,16 \times 10^5$	$4,42 \times 10^5$

## 8.4. Dimensionamento do Pavimento

### Método da Resiliência

Os Engenheiros Ernesto Preussler e Salomão Pinto propuseram um método de dimensionamento para pavimentos flexíveis denominados Método da Resiliência, que foi incorporado ao Manual de Pavimentação do DNER (atual DNIT) em 1996.

Segundo seus autores, o método é baseado em modelos de resiliência, e tem como principal vantagem a possibilidade de se poder calcular de forma simplificada o número cumulativo de repetições (N) da deflexão (D) que provoca a ruptura por fadiga do revestimento asfáltico. Nesta metodologia, considera-se o valor estrutural da camada betuminosa em função do tipo de subleito e do tráfego futuro, leva-se em conta o comportamento elástico não linear dos solos e materiais granulares, e toma-se partido da boa qualidade dos solos argilosos de comportamento laterítico. Admite-se, ainda, o método empírico do DNER, elaborado pelo Eng<sup>o</sup> Murillo Lopes de Souza, para o cálculo da espessura total do pavimento em termos de camada granular, de forma a proteger o subleito quanto ao aparecimento de deformações permanentes excessivas.

Nesta metodologia, os solos de granulometria fina constituintes dos subleitos devem ser classificados num dos seguintes tipos:

- a. Solo tipo I - possui bom comportamento quanto à resiliência, podendo ser utilizado como subleito e reforço, e em alguns casos como sub-base;
- b. Solo tipo II - possui comportamento regular quanto à resiliência, podendo ser utilizado como subleito e reforço;
- c. Solo tipo III - possui comportamento ruim quanto à resiliência, sendo vedado seu emprego em camadas do pavimento.

A classificação é feita de maneira indireta, utilizando-se a porcentagem de silte presente na fração fina do solo juntamente com o valor de seu CBR. Maiores detalhes podem ser encontrados no Manual de Pavimentação do DNER, publicação de 1996.

A espessura mínima do revestimento betuminoso ( $h_{cb}$ ) é calculada utilizando-se a seguinte equação:

$$h_{cb} = -5,737 + \frac{807,961}{D_p} + 0,972i_1 + 4,10i_2$$

Onde:

$I_1$  e  $I_2$  - são constantes relacionadas às características resilientes do subleito:

Tipo I:  $I_1 = 0$  e  $I_2 = 0$

Tipo II:  $I_1 = 1$  e  $I_2 = 0$

Tipo III:  $I_1 = 0$  e  $I_2 = 1$

$D_p$  - deflexão de projeto (0,01 mm)

$h_{cb}$  - espessura mínima da camada betuminosa (cm).

A deflexão de projeto ( $D_p$ ) deve ser menor ou igual à deflexão admissível ( $D_{adm}$ ), sendo esta calculada através da seguinte equação:

$$\log \bar{D} = 3,148 - 0,188 \cdot \log N$$

Onde:

N = número de repetições do eixo simples padrão de 80 kN;

$D_{adm}$  = deflexão máxima admissível (0,01 mm).

Na prática do dimensionamento, adota-se  $D_p = D_{adm}$ .

A espessura da camada granular ( $H_{cg}$ ) é determinada a partir da equação a seguir:

$$H_{cb} \times V_e + H_{cg} = H_t; \text{ sendo que } H_{cg} \leq 35 \text{ cm}$$

Onde:

$H_{cb}$  - espessura mínima da camada betuminosa (cm);

$V_e$  - valor estrutural do revestimento betuminoso;

$H_{cg}$  - espessura da camada granular (cm);

$H_t$  - espessura total do pavimento (cm).

Ressalta-se que neste método de projeto o valor estrutural do revestimento betuminoso depende do tipo de subleito e do tráfego de projeto.

Procedeu-se o dimensionamento do pavimento pelo “**Método da Resiliência**”, através das seguintes etapas:

Etapa 1 - Definição do número de operações do eixo padrão de 8,2tf para o período de projeto;

Etapa 2 - Definição do valor do ISC do subleito de projeto;

Etapa 3 - Classificação do solo do subleito quanto à resiliência: solo tipo I, solo tipo II e solo tipo III.

Etapa 4 - Determinação da espessura equivalente do pavimento ( $H_t$ ), a partir do CBR do subleito e do número N.

Etapa 5 - Cálculo da deflexão prevista na superfície do revestimento:  $D = D_p$ .

Etapa 6 - Determinação da espessura mínima do revestimento betuminoso:  $H_{cb}$ .

Etapa 7 - Determinação do valor estrutural do revestimento betuminoso, em função do número N e do tipo do subleito:  $V_E$ .

Etapa 8 - Cálculo da espessura da camada granular que engloba as camadas de base e sub-base:  $H_{CG}$ .

#### a) Método do DNER (Método da Resistência)

Objetivando estabelecer o dimensionamento do pavimento foi utilizado o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER/DNIT, elaborado originalmente pelo Eng.º Murillo Lopes de Souza em 1961 e encontrado no Manual e Pavimentação do DNER, publicação 697/100 de 1996.

O método tem como base o trabalho “*Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume*”, de autoria de W. J. Turnbull, C. R. Foster e R. G. Alvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA e de conclusões obtidas na pista experimental da AASHTO (*AASHTO Road Test*).

Relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural, tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações julgadas oportunas.

A avaliação da capacidade de suporte do subleito e dos materiais constituintes dos pavimentos é feita pelo ensaio CBR, adotando-se o método de ensaio preconizado pelo DNER em corpos-de-prova moldados em laboratório, nas condições de massa específica aparente e umidade específica para o serviço no campo e submetidos a uma embebição durante quatro dias.

O subleito e as diferentes camadas do pavimento devem ser compactados de acordo com os valores fixados nas “Especificações Gerais do DNIT”, recomenda-se que, o grau de compactação não seja inferior a 100%.

O método do DNER observa que as espessuras recomendadas visam, especialmente, as bases de comportamento puramente granular e foram definidas pelas observações efetuadas, porém, é claro, ao dizer que é um dos pontos ainda em aberto na engenharia rodoviária.

As espessuras recomendadas são as seguintes:

ESPESSURA MÍNIMA DE REVESTIMENTO BETUMINOSO	
$N \leq 10^6$	<b>Tratamentos superficiais betuminosos</b>
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	<b>Revestimento asfáltico com 5,0 cm de espessura</b>
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	<b>Concreto asfáltico com 7,5 cm de espessura</b>
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	<b>Concreto asfáltico com 10,0 cm de espessura</b>
$N > 5 \times 10^7$	<b>Concreto asfáltico com 12,5 cm de espessura</b>

Após determinar a espessura total do pavimento (Ht), em termos de material granular, e fixada a do revestimento (R), procede-se ao cálculo das espessuras das demais camadas considerando-se os materiais disponíveis para cada uma delas e seus respectivos coeficientes de equivalência estrutural. As espessuras da base (B), sub-base (h20) e do reforço do subleito (hn) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

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

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{ref} \geq H_m$$

Onde:

R – espessura do revestimento (cm)

K<sub>R</sub> – coeficiente de equivalência estrutural do revestimento

B – espessura da base (cm)

K<sub>B</sub> – coeficiente de equivalência estrutural da base

SB – espessura da sub-base (cm)

K<sub>SB</sub> – coeficiente de equivalência estrutural da sub-base

REF – espessura do reforço (cm)

K<sub>ref</sub> – coeficiente de equivalência estrutural do reforço

H<sub>20</sub> – espessura de material granular padrão necessária à proteção da sub-base

H<sub>n</sub> – espessura de material granular padrão necessária à proteção do reforço

H<sub>m</sub> – espessura de material granular padrão necessária à proteção do subleito

Para fins de dimensionamento, o ISC da sub-base deve ser sempre considerado como igual a 20, mesmo que o material indicado para essa camada apresente valor de ISC superior.

As espessuras do reforço foram definidas a partir das orientações do DER-MG.

Os valores dos coeficientes de equivalência estrutural dos materiais constituintes das camadas do pavimento, em relação à camada de base granular tomada com K = 1,00 são os seguintes:

Revestimento em CBUQ: K<sub>r</sub> = 2,0;

Camada de base granular: K<sub>b</sub> = 1,0;

Camada de sub-base granular: K<sub>sb</sub> = 1,0.

Esses parâmetros estão representados na Figura 1 a seguir.

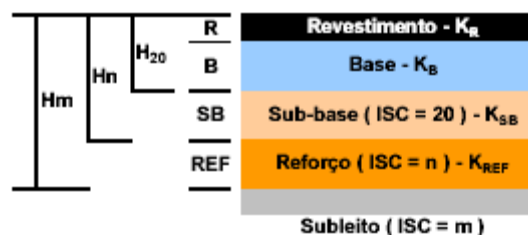


Figura 01: Esquema gráfico do pavimento e parâmetros de dimensionamento

b) Recomendações Executivas

O método faz as seguintes recomendações de caráter executivo:

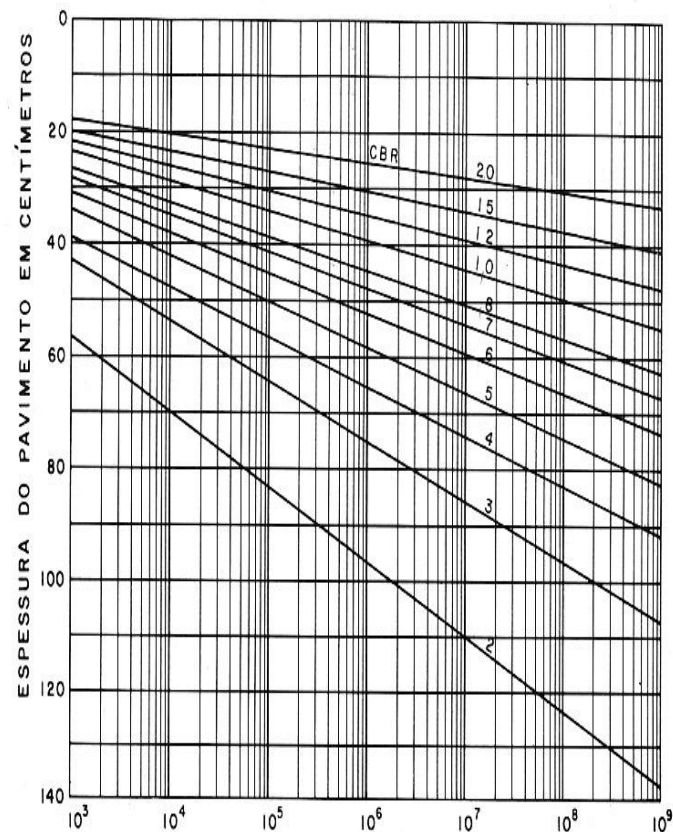
O subleito e todas as camadas granulares do pavimento deverão ser compactados com, no mínimo, 100 % de grau de compactação.

Todos os materiais do subleito que apresentam  $ISC < 8 \%$  e/ou expansão  $> 2 \%$  deverão ser substituídos por materiais com  $ISC > ISC$  de projeto determinado para o subleito.

A menor espessura a ser adotada para as camadas granulares do pavimento é 15 cm.

A espessura mínima e máxima de compactação de materiais granulares são, respectivamente, 10,0 cm e 20,0 cm.

As espessuras mínimas de revestimento betuminoso são obtidas em função do número N e as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$ ,  $H_{20}$  são obtidas pelo gráfico apresentado na Figura abaixo.



OPERAÇÕES DE EIXO DE 8,2 TONELADAS  
Ábaco de dimensionamento do Método DNER, 1996

$$H_n = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

As Tabelas a seguir, apresentam as memórias de cálculo dos dimensionamentos aplicando as duas metodologias citadas.

**VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DA RESILIÊNCIA  
(E.S. PREUSSLER / S. PINTO)**

**DADOS DO PAVIMENTO**

NÚMERO "N" =  $1,16 \times 10^6$

DADOS PARA O DIMENSIONAMENTO:
REVESTIMENTO = Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ
BASE = Cascalho Proveniente da J-01
ISC = $\geq 60\%$
SUB-BASE = Cascalho Proveniente da J-01
ISC = $\geq 20\%$
REFORÇO = -
ISC = -

SUBLEITO                      ISC =                      6%

% SILTE =      35 a 65% (Estimado)

PERÍODO DE PROJETO P = 10                      ANOS

		TIPO DO SUBLEITO		
ISC %	DE SILTE	> 10%	6 a 9%	2 a 5%
		< 35%	I	II
35 a 65%	II	II	III	
> 65%	III	III	III	

TIPO DO SUBLEITO	$i_1$	$i_2$	V.E.		
			$N \leq 10^6$	$10^6 < N < 10^7$	$N \geq 10^7$
I	0	0	4,0	3,4	2,8
II	1	0	3,0	3,0	2,8
III	0	1	2,0	3,0	2,0

TIPO DO SUBLEITO = II

$i_1 = 1$

$i_2 = 0$

V.E. = 3,0

**PREVISÃO DA DEFLEXÃO :**

$$\log D_p = 3,148 - 0,188 \log N$$

$D_p =$                       102 (0,01 mm)

**REVESTIMENTO MÍNIMO (em CBUQ) :**

$$h_{cb} = \frac{807,961}{D_p} + 0,972 i_1 + 4,101 i_2 - 5,737$$

$h_{cb} =$                       3,2 (cm)                      Adotado 3,5 cm de CBUQ

**ESPESSURA TOTAL DO PAVIMENTO**

$$ht = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

$ht =$                       52,1 cm

**VERIFICAÇÃO QUANTO A RESILIÊNCIA:**

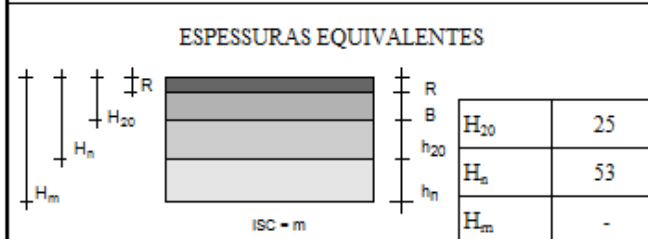
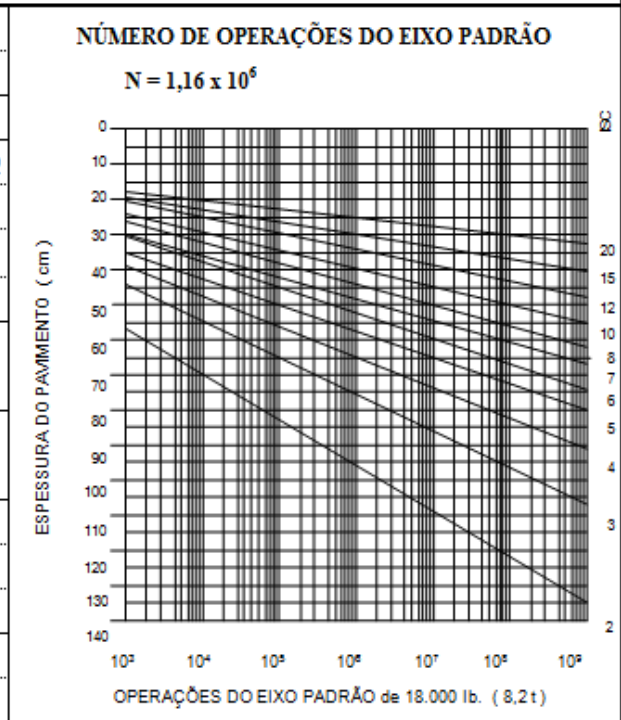
$$H_{cg} = ht - (h_{cb} \times VE)$$

$H_{cg} = 52,1 - (3,5 \times 3,00)$

$H_{cg} = 41,6$  cm

**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO PELO MÉTODO DO DNER**  
(ENG° MURILLO LOPES DE SOUZA)

CARACTERÍSTICAS DO SUBLEITO		
I.S.C. PROJETO	6	%
COMPONENTES DO PAVIMENTO		
REVESTIMENTO	Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ	
BASE	Cascalho proveniente da Jazida J-01	
SUB-BASE	Cascalho proveniente da Jazida J-01	
REFORÇO	-	
CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS EMPREGADOS NO PAVIMENTO		
COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL		I.S.C.
BASE	$K_B = 1,00$	$\geq 60\%$
SUB-BASE	$K_{SB} = 1,00$	$\geq 20\%$
REFORÇO	$K_{REF} =$	-
REVESTIMENTO		
$K_R = 2,0$	ESPESSURA= 3,5 cm (*)	



**OBSERVAÇÕES**

(\*) Adotada a espessura definida pelo método da resiliência.

**CÁLCULO DAS ESPESSURAS:**

1)  $RK_R + BK_B \geq H_{20}$   
 $3,5 \times 2,0 + B \times 1,0 \geq 25,0$   
 $B \geq 25,0 - 7,0$   
 $B \geq 18,0 \longrightarrow 20,0 \text{ cm}$

2)  $RK_R + BK_B + h_{20}K_s \geq H_n$   
 $3,5 \times 2,00 + 20,0 \times 1,0 + h_{20} \times 1,00 \geq 53,0$   
 $h_{20} \geq 53,0 - 27,0$   
 $h_{20} \geq 26,0 \longrightarrow h_{20} = 26,0 \text{ cm}$

3)  $RKR + BKB + h_{20}KS + hnK_{ref} \geq H_m$

ESPESSURAS ( cm )	
REVESTIMENTO	3,5
BASE	20,0
SUB-BASE	26,0
REFORÇO	-

### **8.5. Resumo do Pavimento**

O dimensionamento do pavimento obtido para todo o subtrecho em questão, com base nas premissas acima definidas é o seguinte:

- Camada de rolamento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente: espessura de **3,5 cm**;
- Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em pista: espessura de **20,0 cm**;
- Sub-base de solo estabilizado granulometricamente com mistura em pista: espessura de **26,0 cm**;

### **8.6. Concepção das Camadas do Pavimento**

Apresentam-se, a seguir, as principais condições executivas das diversas camadas do pavimento.

### **8.7. Regularização do Subleito**

Os materiais constituintes do subleito deverão apresentar ISC igual ou superior ao adotado no dimensionamento do pavimento ( $ISC \geq 6\%$ ) e, ainda, **expansão  $\leq 2\%$** .

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 137/2010-ES – "Regularização do Subleito".

### **8.8. Camada de Sub-Base**

A camada de sub-base será de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com Cascalho proveniente da Jazida J-01, localizada a uma distância de 8,0 Km da estaca 0 (zero) do projeto.

A espessura da camada de sub-base será de 26,0 cm de espessura e deverá ser compactada com a energia referente ao Proctor Intermediário com variação da umidade de  $- 1,00\%$  a  $+ 1,00\%$  em relação à umidade ótima.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 139/2010-ES – "Sub-Base Estabilizada Granulometricamente".

### **8.9. Camada de Base**

A camada de base será de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com Cascalho proveniente da Jazida J-01, localizada a uma distância de 8,0 Km da estaca 0 (zero) do projeto.

A espessura da camada de base será de 20,0 cm de espessura e deverá ser compactada com a energia referente ao Proctor Intermediário com variação da umidade de  $- 0,50\%$  a  $+ 0,50\%$  em relação à umidade ótima.

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 141/2010-ES – "Base Estabilizada Granulometricamente".

### **8.10. Imprimação**

A imprimação deverá ser executada utilizando-se asfalto diluído CM-30, cuja taxa de aplicação será de  $1,21/m^2$ .

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT-ES 144/2010 para "Imprimação".

### **8.11. Pintura de Ligação**

A pintura de ligação será com material betuminoso emulsão asfáltica tipo RR-1C, aplicada a uma taxa de cerca de  $0,50 l/m^2$ .

Todos os serviços deverão seguir a especificação DNIT 145/2010-ES – "Pintura de Ligação".



### 8.12. Revestimento - Camada de Desgaste

A camada de revestimento do pavimento novo será constituída de uma camada em Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ Faixa "C", com espessura de 3,5 cm.

Devido ao fato da obra em projeto requerer médio volume de massa, que representa um fator limitante a instalação de nova usina de asfalto, a massa asfáltica deverá ser obtida em usina comercial e licenciada na região do projeto, desde que, o material atenda a especificação estipulada no projeto. Foi estimada uma distância de transporte 40,0km do início do projeto.

Todos os serviços deverão seguir a especificação – DNIT-031/2006-ES – “Concreto Asfáltico”.

### 8.13. Substituição do Subleito

Nos locais com materiais com expansão > 2% e ISC < 6%, recomenda-se a substituição destes materiais por solos que apresentam expansão < 2% e ISC ≥ 6%.

A camada de reforço deverá ser compactada com a energia de referência do Proctor Normal variação de umidade de – 1,50% a + 1,00% em relação à umidade ótima.

Os valores de ISC são referentes à Energia do Proctor normal. O quadro a seguir, apresenta os segmentos a serem substituídos e a espessura.

PLANILHA DE SUBSTITUIÇÃO DO SUBLEITO						
SEGMENTO ENTRE ESTACAS	FURO	ESTACA	EXPANSÃO (%)	CBR (%)	ESPESSURA (cm)	EXTENSÃO (m)
EST. 3 + 10,0 A 7 + 0,0	ST-02	6	4,35	3,9	60,0	70,0
EST. 7 + 0,0 A 12 + 0,0	ST-03	10	4,45	2,90	60,0	100,0
EST. 12 + 0,0 A 15 + 0,0	ST-04	14	0,10	4,50	40,0	60,0
EST. 20 + 0,0 A 24 + 0,0	ST-05 AM-2	22	1,45	3,2	40,0	80,0
EST. 24 + 0,0 A 26 + 10,0	ST-06	26	3,5	3,1	60,0	50,0
EST. 31 + 10,0 A 35 + 0,0	ST-07	32	1,60	4,2	40,0	70,0
EST. 47 + 0,0 A 50 + 10,0	ST-09	48	4,1	4,6	60,0	70,0
EST. 50 + 10,0 A 62 + 0,0	ST-10	53	2,2	3,9	60,0	230,0
EST. 161 + 0,0 A 165 + 10,0	ST-28	163	3,8	4,8	60,0	90,0
EST. 171 + 0,0 A 175 + 0,0	ST-30	173	0,4	4,0	40,0	80,0
EST. 183 + 0,0 A 193 + 10,0	ST-32	186	1,7	4,4	40,0	210,0
EST. 193 + 10,0 A 199 + 10,0	ST-34	196	1,4	4,7	40,0	120,0
EST. 205 + 10,0 A 210 + 0,0	ST-35 AM-2	207	3,2	4,5	60,0	90,0
EST. 229 + 10,0 A 234 + 10,0	ST-40 AM-2	232	2,4	6,6	60,0	100,0
EST. 256 + 0,0 A 258 + 10,0	ST-46	258	2,0	4,2	60,0	50,0
EST. 302 + 0,0 A 307 + 10,0	ST-53	305	3,0	4,4	60,0	110,0
EST. 312 + 10,0 A 315 + 10,0	ST-55	315	2,8	4,1	60,0	60,0
EST. 321 + 0,0 A 325 + 10,0	ST-56	323	3,8	3,8	60,0	90,0
EST. 325 + 10,0 A 330 + 10,0	ST-57	328	3,2	4,3	60,0	100,0
EST. 330 + 10,0 A 335 + 10,0	ST-58 AM-2	333	3,1	3,1	60,0	100,0
EST. 335 + 10,0 A 340 + 10,0	ST-59	338	3,3	3,1	60,0	100,0
EST. 340 + 10,0 A 343 + 0,0	ST-60 AM-2	343	3,0	4,9	60,0	50,0
EST. 374 + 10,0 A 378 + 0,0	ST-64	377	2,4	5,0	60,0	70,0
Observações:						

## QUADRO DE QUANTIDADES

**Projeto: Alvorada de Minas**

**Obra: PAVIMENTAÇÃO**

**Lote:                      lo:                      BDI:    %    Num. da identif.**

CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	<b><u>PAVIMENTAÇÃO</u></b>				
	Regularização do Subleito com Proctor Normal	m <sup>2</sup>	68.510,07		
	Sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com Cascalho Proveniente da Jazida J-01 (Execução incluindo escavação, carga, descarga, espalhamento, e compactação do material; inclui fornecimento do material)	m <sup>3</sup>	17.020,95		
	Transporte de Cascalho para a sub-base (DMT = 11,80 km)	m <sup>3</sup> x km	200.951,25		
	Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com Cascalho Proveniente da Jazida J-01 (Execução incluindo escavação, carga, descarga, espalhamento, e compactação do material; inclui fornecimento do material)	m <sup>3</sup>	12.179,57		
	Transporte de Cascalho para a base (DMT = 11,80 km)	m <sup>3</sup> xkm	143.793,38		
	Pintura de Ligação	m <sup>2</sup>	56.330,50		
	Imprimação	m <sup>2</sup>	60.897,84		
	Concreto Betuminoso Usinado a Quente CBUQ Convencional - Faixa "C" - Massa Pronta	m <sup>3</sup>	2.253,22		
	Transporte do CBUQ da usina até pista - DMT = 43,8 km	m <sup>3</sup> xkm	98.704,82		
	Transporte de Material Betuminoso				
	RR-1C	t	28,20		
	CM-30	t	73,10		

**Observações:**

## QUADRO DE QUANTIDADES

Projeto: Alvorada de Minas

Obra: LIGANTE BETUMINOSO

Lote:                      lo:                      BDI:                      %                      Num. da identif.

CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
	<u>LIGANTE BETUMINOSO</u>				
	RR-1C	t	28,20		
	CM-30	t	73,10		

Observações:

**DEMONSTRATIVO DAS QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO**

ITEM	Origem	DESTINO	Estaca de Acesso	Segmento (Entre Estacas)				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Esp. (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade ou Taxa	Peso (t)	DMT (Km)				Momento Transporte (m <sup>3</sup> ouT x Km)	Unidade	Quantidade													
				Inicial		Final									Até o Acesso.	Até o Seg.	No Seg.	DMT Total																
				Int.	Frac.	Int.	Frac.																											
Revestimento em CBUQ Faixa "C" DNIT	Usina de Asfalto	Pista	0,0	0	0,00	380	12,23	7.612,23	7,40	56.330,50	4,0	2.253,22	2,40	1/m3	5.407,73	40,00	0,0	3,8	43,8	98.704,82	t	5.407,73												
									7.612,23		56.330,50		2.253,22		5.407,73	DMT final =			<b>43,8</b>	Km	98.704,82													
<b>TOTAL CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE CBUQ - FAIXA "C" - MASSA PRONTA</b>																														<b>m<sup>3</sup></b>	<b>2.253,22</b>			
<b>TRANSPORTE DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE CBUQ - FAIXA "C" - MASSA PRONTA (ORIGEM USINA - DESTINO PISTA)</b>																															<b>m<sup>3</sup> X km</b>	<b>98.704,82</b>		
ITEM	Origem	DESTINO	Estaca de Acesso	Segmento (Entre Estacas)				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Esp. (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade ou Taxa	Peso (t)	DMT (Km)				Momento Transporte (m <sup>3</sup> ouT x Km)	Unidade	Quantidade													
				Inicial		Final									Até o Acesso.	Até o Seg.	No Seg.	DMT Total																
				Int.	Frac.	Int.	Frac.																											
Pintura de Ligação	Usina de Asfalto	Pista	0,0	0	0,00	380	12,23	7.612,23	7,40	56.330,50			0,5	1/m2	28,20	40,00	0,0	3,8	43,8	1.235,33	m <sup>2</sup>	56.330,50												
									7.612,23		56.330,50			28,20	DMT final =				<b>43,8</b>	Km	1.235,33													
<b>TOTAL PINTURA DE LIGAÇÃO</b>																														<b>m<sup>2</sup></b>	<b>56.330,50</b>			
<b>TOTAL DE FORNECIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO (RR-1C - TAXA 0,5 L/M<sup>2</sup>)</b>																															<b>t</b>	<b>28,20</b>		
ITEM	Origem	DESTINO	Estaca de Acesso	Segmento (Entre Estacas)				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Esp. (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade ou Taxa	Peso (t)	DMT (Km)				Momento Transporte (m <sup>3</sup> ouT x Km)	Unidade	Quantidade													
				Inicial		Final									Até o Acesso.	Até o Seg.	No Seg.	DMT Total																
				Int.	Frac.	Int.	Frac.																											
Imprimação sobre a base	Usina de Asfalto	Pista	0,0	0	0,00	380	12,23	7.612,23	8,00	60.897,84			1,2	1/m2	73,10	30,00	0,0	3,8	33,8	2.471,23	m <sup>2</sup>	60.897,84												
									7.612,23		60.897,84			73,10	DMT final =				<b>33,8</b>	Km	2.471,23													
<b>TOTAL IMPRIMAÇÃO</b>																														<b>m<sup>2</sup></b>	<b>60.897,84</b>			
<b>TOTAL DE FORNECIMENTO DE MATERIAL BETUMINOSO (CM-30 - TAXA 1,2 L/M<sup>2</sup>)</b>																															<b>t</b>	<b>73,10</b>		
ITEM	Origem	DESTINO	Estaca de Acesso	Segmento (Entre Estacas)				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Esp. (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade ou Taxa	Peso (t)	DMT (Km)				Momento Transporte (m <sup>3</sup> ouT x Km)	Unidade	Quantidade													
				Inicial		Final									Até o Acesso.	Até o Seg.	No Seg.	DMT Total																
				Int.	Frac.	Int.	Frac.																											
Base de Solo Estabilizado Granulometricamente Sem Mistura	Jazida J-01	Pista	0,0	0	0,00	380	12,23	7.612,23	8,00	60.897,84	20	12.179,57	2,10	1/m3	25.577,09	8,00	0,0	3,8	11,8	143.793,38	m <sup>3</sup>	12.179,57												
									7.612,23		60.897,84		12.179,57		25.577,09	DMT final =				<b>11,8</b>	Km	143.793,38												
<b>TOTAL DE CASCALHO PARA CONFECÇÃO DA CAMADA DE BASE</b>																														<b>m<sup>3</sup></b>	<b>12.179,57</b>			
<b>TOTAL - TRANSPORTE DE CASCALHO PARA BASE</b>																																<b>m<sup>3</sup> X km</b>	<b>143.793,38</b>	
ITEM	Origem	DESTINO	Estaca de Acesso	Segmento (Entre Estacas)				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Esp. (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade ou Taxa	Peso (t)	DMT (Km)				Momento Transporte (m <sup>3</sup> ouT x Km)	Unidade	Quantidade													
				Inicial		Final									Até o Acesso.	Até o Seg.	No Seg.	DMT Total																
				Int.	Frac.	Int.	Frac.																											
Sub-Base de Solo Estabilizado Granulometricamente Sem Mistura	Jazida J-01	Pista	0,0	0	0,00	380	12,23	7.612,23	8,60	65.465,18	26	17.020,95	2,20	1/m3	37.446,08	8,00	0,0	3,8	11,8	200.951,25	m <sup>3</sup>	17.020,95												
									7.612,23		65.465,18		17.020,95		37.446,08	DMT final =				<b>11,8</b>	Km	200.951,25												
<b>TOTAL DE CASCALHO PARA CONFECÇÃO DA CAMADA DE SUB-BASE</b>																															<b>m<sup>3</sup></b>	<b>17.020,95</b>		
<b>TOTAL - TRANSPORTE DE CASCALHO PARA SUB-BASE</b>																																	<b>m<sup>3</sup> X km</b>	<b>200.951,25</b>

**DEMONSTRATIVO DAS QUANTIDADES DOS SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO**

ITEM	Origem	DESTINO	Estaca de Acesso	Segmento (Entre Estacas)				Extensão (m)	Largura (m)	Área Total (m <sup>2</sup> )	Esp. (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Densidade ou Taxa	Peso (t)	DMT (Km)				Momento Transporte (m <sup>3</sup> ouT x Km)	Unidade	Quantidade
				Inicial		Final									Até o Acesso.	Até o Seg.	No Seg.	DMT Total			
				Int.	Frac.	Int.	Frac.														
Regularização do subleito		Pista	0,0	0	0,00	380	12,23	7.612,23	9,00	68.510,07									m <sup>2</sup>	68.510,07	
								7.612,23		68.510,07									m <sup>2</sup>	-	
<b>TOTAL DE REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO</b>																			<b>m<sup>2</sup></b>	<b>68.510,07</b>	

**Obs:**

## QUADRO - RESUMO DAS DISTÂNCIAS DE TRANSPORTES

### Projeto Alvorada de Minas

SERVIÇOS	MATERIAL	PERCURSO		TRANSPORTE LOCAL (DMT em Km)			TRANSPORTE COMERCIAL (DMT em Km)		
		ORIGEM	DESTINO	NP	P	TOTAL	NP	P	TOTAL
CBUQ FAIXA "C"	Massa	Usina	Pista	-	43,8	43,8	-	-	-
Imprimação	ADP CM-30	Usina	Pista	-	-	-	-	-	-
				-	43,8	43,8	-	-	-
Pintura de Ligação	RR-1C	Usina	Pista	-	-	-	-	-	-
				-	43,8	43,8	-	-	-
Base estabilizada granulometricamente sem mistura	Bica Corrida	Jazida J-01	Pista	11,80	-	11,80	-	-	-
Sub-base estabilizada granulometricamente sem mistura	Bica Corrida	Jazida J-01	Pista	11,80	-	11,80	-	-	-

**NP = Rodovia não Pavimentada**

**P = Rodovia Pavimentada**



# PROJETO DE ESTUDO HIDROLÓGICO E DRENAGEM ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

## RODOVIA ALVORADA DE MINAS

---

### DADOS DO EXECUTOR

---

<b>Empresa:</b>	Geoline Engenharia
<b>CNPJ:</b>	02.657.869/0001-39
<b>INSCRIÇÃO ESTADUAL:</b>	Isenta
<b>ENDEREÇO:</b>	Rua Amapá, 163 – Bairro Amazonas – Contagem/MG – CEP: 32240-010
<b>TELEFONE:</b>	31 3292-1313   2567-0029   2567-0069   2567-0009

Contagem  
Março de 2013

## ÍNDICE

<b>1.1</b>	<b><i>INTRODUÇÃO</i></b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b><i>COLETA DE DADOS</i></b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b><i>ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS DA REGIÃO.</i></b>	<b>3</b>
<b>1.3.1</b>	<b><i>HISTOGRAMAS DE CHUVA</i></b>	<b>4</b>
<b>1.3.2</b>	<b><i>CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS</i></b>	<b>5</b>
<b>1.3.3</b>	<b><i>INTENSIDADE DE CHUVA</i></b>	<b>7</b>
<b>1.3.4</b>	<b><i>DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA</i></b>	<b>7</b>
<b>1.3.5</b>	<b><i>DESCARGAS DE PROJETO</i></b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>PROJETO DE DRENAGEM</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Drenagem de Grotas</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Drenagem superficial</b>	<b>15</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Sarjetas de corte e aterro</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Meios-fios</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Valetas de Proteção</b>	<b>22</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Saídas D'água em Aterro</b>	<b>22</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Saídas D'água em Corte</b>	<b>22</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Descidas D'água de Aterro</b>	<b>22</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Descida D'água de Aterro em Degraus</b>	<b>22</b>
<b>2.3.8</b>	<b>Descida D'água de Corte</b>	<b>23</b>
<b>2.3.9</b>	<b>Dissipadores de Energia</b>	<b>23</b>
<b>2.3.10</b>	<b>Caixas Coletoras</b>	<b>23</b>
<b>2.3.11</b>	<b>Transposição de Segmentos de Sarjetas</b>	<b>23</b>



- 2.4 Drenagem Profunda24**
- 2.4.1 Camada Drenante Para Corte em Rocha 24**
- 2.4.2 Dreno Profundo Longitudinal Para Corte em Rocha24**
- 2.4.3 Dreno Transversal24**
- 2.4.4 Dreno Profundo Terminal 24**
- 3 RESPONSABILIDADE TÉCNICA25**

## **ESTUDO HIDROLÓGICO**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com o objetivo de prover os elementos básicos necessários à caracterização climática e pluviométrica da região do projeto, estabelecendo as correlações precipitação-escoamento e possibilitando a determinação das descargas máximas nas bacias hidrográficas. Visando o adequado dimensionamento do sistema de drenagem do trecho, inserido na rodovia do município de Alvorada de Minas.

Os estudos desenvolvidos englobaram as seguintes etapas:

- Coleta e análise de dados;
- Caracterização climática e pluviométrica da área do projeto;
- Definição do modelo de chuvas da região;
- Determinação das descargas de projeto;
- Apresentação do mapa de bacias.

### **1.2 COLETA DE DADOS**

Os desenvolvimentos de estudos hidrológicos para qualquer finalidade envolvem a pesquisa e coleta de dados básicos, principalmente, estudos existentes, informações cartográficas, informações pluviométricas e observações de campo.

As informações cartográficas são importantes na caracterização morfométrica das bacias hidrográficas em estudo.

A análise dos dados pluviométricos ou pluviográficos permite a definição do modelo de chuvas representativo da região do projeto.

As observações de campo possibilitam a estimativa de parâmetros relativos ao solo, tipo de cobertura vegetal, determinação de percentagens de áreas permeáveis e impermeáveis, além de permitir a verificação "in loco" das condições de funcionamento de eventuais estruturas hidráulicas existentes na área.

Os elementos básicos obtidos, utilizados no desenvolvimento dos estudos são listados a seguir:

- Características climáticas e dados de chuva da estação de Conceição do Mato Dentro - MG fornecidos pelo INMET;
- Equação de chuva do posto de Conceição do Mato Dentro, constante do estudo elaborado pela Universidade Federal de Viçosa para a COPASA/MG;
- Informações Cartográficas do IBGE, escala 1:50.000
- Delimitação das Bacias Hidrográficas a partir das elevações obtidas do programa Google Earth, escala 1:20.000.

### **1.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS DA REGIÃO.**

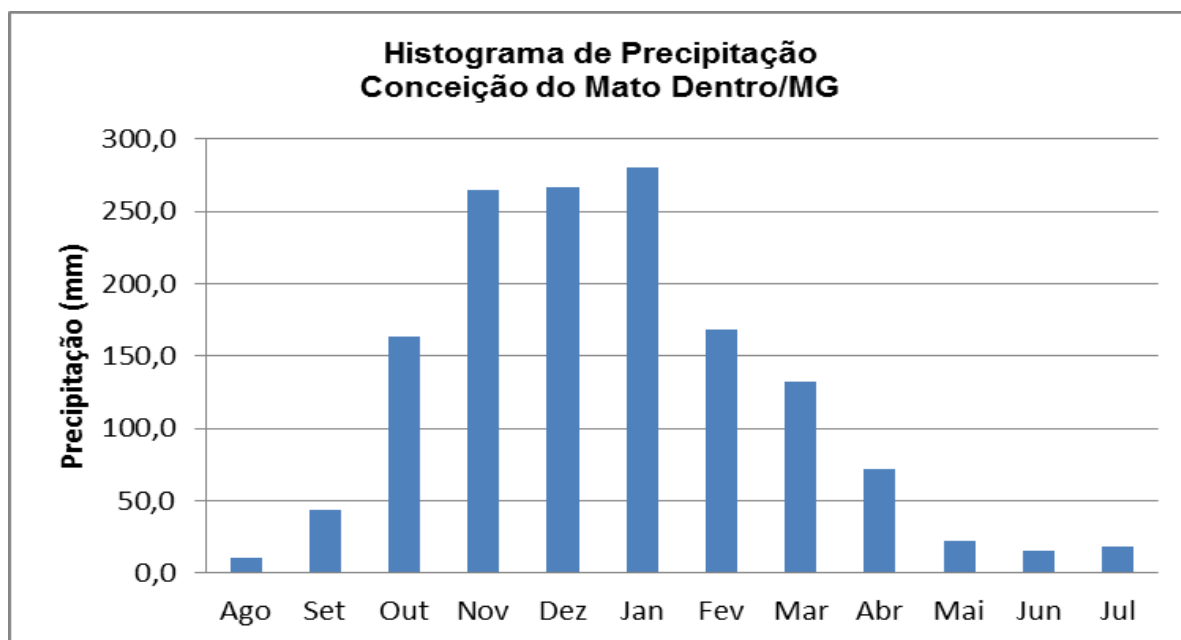
O clima, é do tipo Tropical, com chuvas irregulares ao longo do ano, de 4 a 5 meses secos. Com elevada incidência de radiação solar à superfície, elevado número potencial de horas de insolação mensais e anuais e cujas temperaturas médias superam facilmente a marca dos 20 °C.

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. Tal importância deve-se às consequências que elas podem ocasionar, quando ocorridas em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade tanto econômico e social (agricultura, transporte, hidrologia, etc), causando enchentes, assoreamentos dos rios, quedas de barreiras, etc. Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo.

A distribuição da média pluviométrica ao longo do ano para a cidade de Conceição do Mato Dentro é de 1458,7 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação interanual (um período seco e chuvoso). Os meses mais chuvosos estendem-se de outubro-março, os mais secos de abril a setembro (ver Histograma de Precipitação). Contudo, devido à dinâmica atmosférica e a ação de vários elementos interagindo e alterando está dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem prolongar-se ou sofrerem atrasos. A distribuição de chuva no trimestre novembro-dezembro-janeiro (NDJ) apresenta uma região de precipitação alta, cerca de 810 mm. Por outro lado, no trimestre junho- julho-agosto (JJA), os valores não ultrapassam a 50,0 mm.

### 1.3.1 HISTOGRAMAS DE CHUVA

Foi utilizado o posto do município de Conceição do Mato Dentro, disponibilizado pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.



Os histogramas mostram que as chuvas são distribuídas durante o ano, com uma concentração no semestre de Outubro a Março, superando 85% das chuvas anuais. Neste período, as chuvas se concentram com maior volume no trimestre de Novembro a Janeiro, com mais de 60% do total deste semestre.

### **1.3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

O resumo das características climáticas da região é apresentado no quadro a seguir, relativo ao Posto de Conceição do Mato Dentro, extraído da Publicação denominada Normais Climatológicas – do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – INMET, 1992.

Estação: Conceição do Mato Dentro				Código: 83589		Período:1961/1990						Entidade: INMET		
Município: Conceição do Mato Dentro				UF: MG		Long.: 43°26'W				Lat.: 19°01'S				
DADOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MEDIA ANUAL
Temperatura Máxima (°C)	29,4	29,8	29,6	28,1	26,4	25,5	25,1	26,9	27,7	28,3	28,7	28,6		27,8
Temperatura Média (°C)	23,0	23,2	22,8	21,0	18,6	17,1	16,6	18,2	20,0	21,6	22,4	22,6		20,6
Temperatura Mínima (°C)	18,2	18,3	17,7	16,0	13,0	11,1	10,0	10,9	13,4	16,3	17,8	18,1		15,1
Amplitude Absoluta (°C)	11,2	11,5	11,9	12,1	13,4	14,4	15,1	16,0	14,3	12,0	10,9	10,5		12,7
Insolação (Horas)	180,5	175,2	200,2	178,4	192,3	180,3	193,7	214,1	163,1	142,9	141,3	150,8	2112,8	176,1
Evaporação (mm)	66,7	61,7	69,5	57,0	59,3	57,7	66,3	89,8	89,2	81,0	71,1	66,8	836,1	69,7
Precipitação Média (mm)	279,9	168,5	131,9	72,1	22,5	15,7	18,0	10,4	43,8	163,8	265,0	267,1	1458,7	121,6
Nebulosidade	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8		0,6
Umidade Relativa (%)	75,7	75,0	77,9	79,4	80,3	79,2	74,8	70,7	68,5	72,9	76,2	78,2		75,7

Altura Máxima em 24 horas (mm): 145,6 - Ano:1978

Altitude da Estação (m): 652,0

Vegetação: Cerrado/Mata Atlântica (IBGE)

Período: 1961/1990

### 1.3.3 INTENSIDADE DE CHUVA

Baseado nos estudos elaborados pela Universidade Federal de Viçosa para a COPASA, no Estado de Minas Gerais, obteve-se a equação de chuva de Conceição do Mato Dentro, conforme representação a seguir.

$$I = \frac{1206,628T^{0,182}}{(t + 18,394)^{0,759}}$$

Sendo:

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

$T$  = tempo de recorrência, em anos;

$t$  = tempo de concentração, em minutos.

Adotou-se a equação de chuva do posto de Conceição do Mato Dentro, devido à proximidade do mesmo com o trecho em projeto.

Apresentam-se a seguir as tabelas com as alturas de precipitação e com as intensidades de chuva referentes a este posto, com os respectivos gráficos de Precipitação x Duração x Períodos de Recorrência e Intensidade x Duração x Períodos de Recorrência resultantes.

### 1.3.4 DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS DE RECORRÊNCIA

Definida a equação da chuva, passou-se à determinação dos períodos de recorrência, que se relaciona com o conceito de “coeficiente de segurança” a ser atribuído às obras de drenagem. A um maior período de recorrência correspondente uma menor probabilidade de ocorrência de um afluxo às obras de drenagem superior ao previsto.

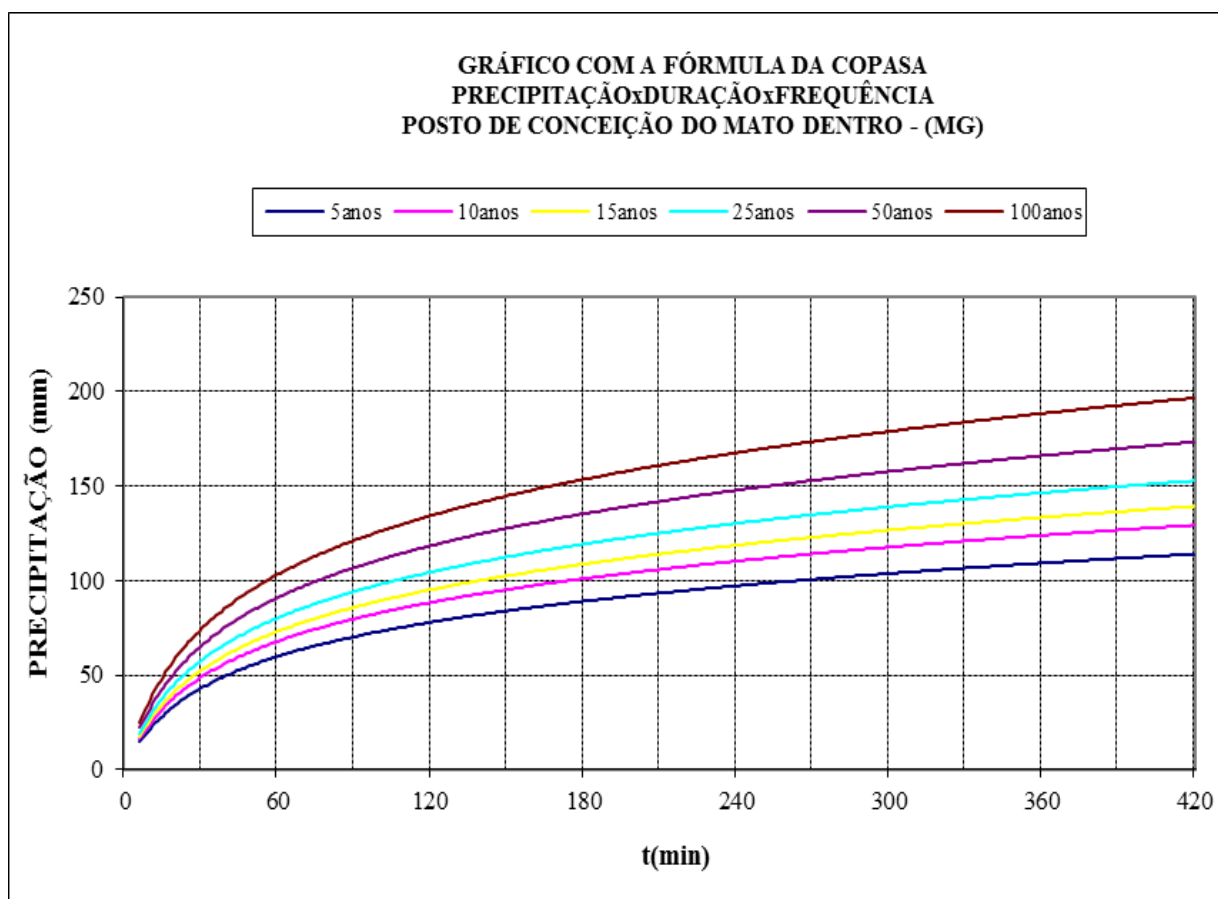
De acordo com os Termos de Referência para elaboração de projeto de engenharia rodoviária para vias de ligação com reduzido volume de tráfego, foram adotados os seguintes tempos de recorrência:

Drenagem	Tempo de Recorrência (anos)	Observações
Obras de drenagem profunda	1	-
Obras de drenagem superficial	10	-
Obras de arte tubulares	15	Dimensionados como orifício, admitindo carga hidráulica
Obras de arte celulares	25	Dimensionados como orifício, admitindo carga hidráulica
Obras de arte especiais	50	Verificar se a máxima cheia para o TR=100 anos não atinge a estrutura da ponte

POSTO: CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO					CODIGO: 01944029				
ALTURA PLUVIOMETRICA (mm)									
TR (anos)	T (horas)								
	0,1	0,17	0,5	1	2	4	8	16	24
5	14,45	21,48	43,06	59,80	77,83	97,09	118,17	141,93	157,44
10	16,40	24,37	48,85	67,84	88,29	110,14	134,06	161,01	178,61
15	17,65	26,23	52,59	73,04	95,05	118,58	144,33	173,35	192,28
25	19,37	28,79	57,71	80,15	104,31	130,13	158,39	190,23	211,02
50	21,98	32,66	65,47	90,93	118,34	147,63	179,68	215,81	239,39
100	24,93	37,05	74,27	103,16	134,25	167,47	203,84	244,83	271,58

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

### GRÁFICO: PRECIPITAÇÃO x DURAÇÃO x PERÍODO DE RECORRÊNCIA

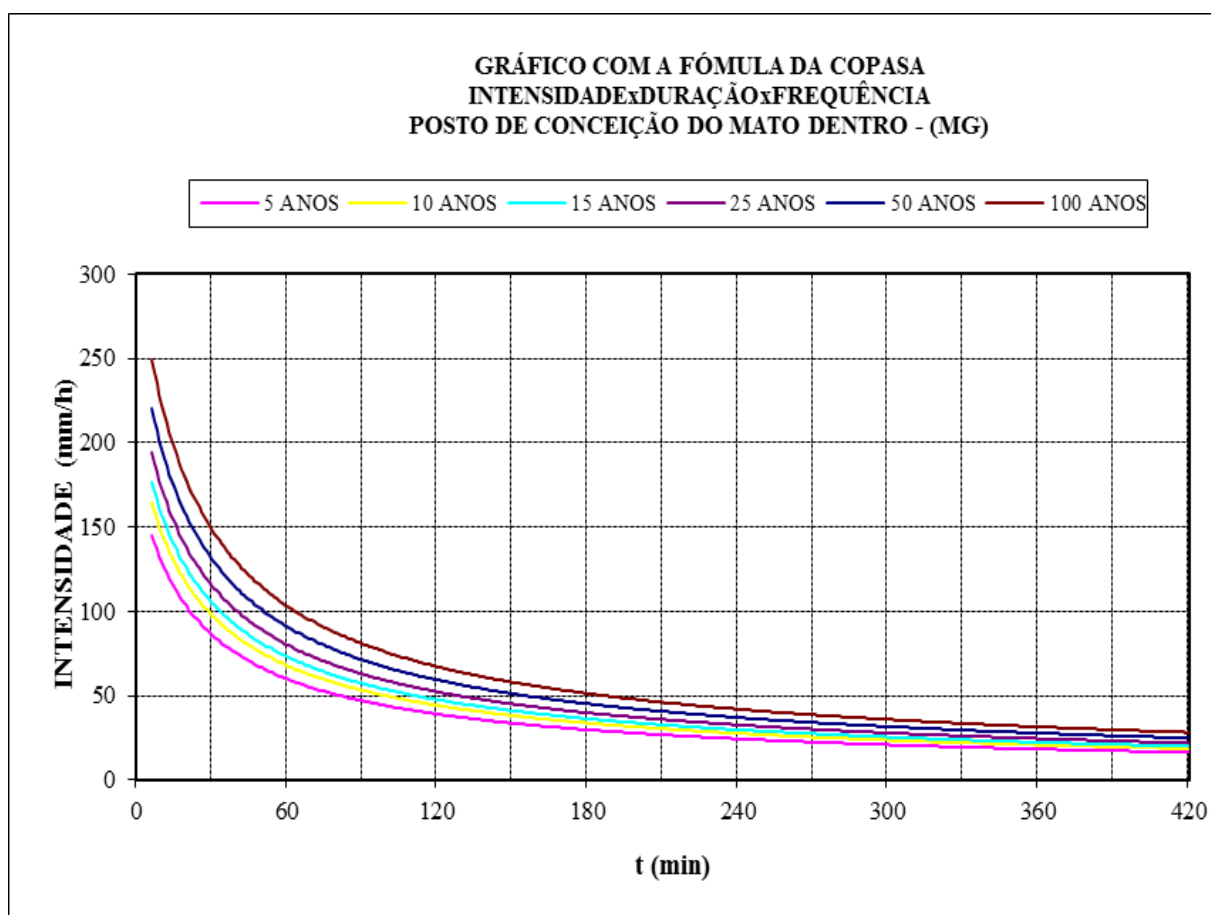


## POSTO CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO – TABELA DE INTENSIDADES

POSTO: CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO		CODIGO: 01944029							
INTENSIDADE PLUVIOMETRICA (mm/h)									
TR (anos)	T (horas)								
	0,1	0,17	0,5	1	2	4	8	16	24
5	144,54	128,87	86,12	59,80	38,91	24,27	14,77	8,87	6,56
10	163,98	144,74	97,69	67,84	44,15	27,54	16,76	10,06	7,44
15	176,54	157,39	105,18	73,04	47,53	29,64	18,04	10,83	8,01
25	193,74	172,73	115,42	80,15	52,16	32,53	19,80	11,89	8,79
50	219,79	195,95	130,94	90,93	59,17	36,91	22,46	13,49	9,97
100	249,34	222,30	148,55	103,16	67,13	41,87	25,48	15,30	11,32

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

## GRÁFICO: INTENSIDADE x DURAÇÃO x PERÍODOS DE RECORRÊNCIA





### 1.3.5 DESCARGAS DE PROJETO

Na execução dos cálculos das vazões de projeto, por não existir bacias com áreas superiores a 4 km<sup>2</sup>, foi adotado o método racional.

#### Método racional

O cálculo das descargas máximas de projeto das bacias interceptadas, foi efetuado através da aplicação do chamado método racional, com tempo de concentração **T** e coeficiente de “run-off” **C** por “Peltier et Bonnenfant”. Este método é definido pela seguinte expressão:

$$Q = 0,00278CIA$$

Sendo:

*Q* = vazão máxima provável, em m<sup>3</sup>/s;

*C* = coeficiente de deflúvio de Peltier et Bonnenfant;

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

*A* = área da bacia, em ha.

#### Coeficiente de Deflúvio C

O coeficiente de deflúvio *C*, tabelado, é obtido em conformidade com a área de drenagem, a declividade do talvegue e a natureza da cobertura dos terrenos.

VALORES DO COEFICIENTE DE RUN-OFF "C"								
NATUREZA DA COBERTURA	0 < A < 10 ha				10 ha < A 400 ha			
	< 0,5%	5% < 10%	10% a 30%	> 30%	< 5%	5% < 10%	10% a 30%	> 30%
Plataformas, estradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Terreno erodido	0,55	0,65	0,70	0,75	0,55	0,60	0,65	0,70
Pequenos Bosques	0,50	0,55	0,60	0,65	0,42	0,55	0,60	0,65
Matas, Cerrados	0,45	0,50	0,55	0,60	0,30	0,36	0,42	0,50
Floresta Comum	0,30	0,40	0,50	0,60	0,18	0,20	0,25	0,30
Floresta Densa	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

#### Tempo de Concentração

No cálculo do tempo de concentração levou-se em conta, principalmente, o critério de escolha por um método que contivesse o maior número de elementos físicos. Dessa forma optou-se pelo método de Peltier et Bonnenfant onde o tempo de Concentração é definido pela determinação dos valores das parcelas **T1** e **T'2** sendo **T1** um parâmetro tabelado em função da cobertura vegetal, declividade do talvegue e da área da bacia e **T'2** de valores tabelados em função da declividade do talvegue, da área de drenagem e do coeficiente de forma da bacia

## RESULTADOS OBTIDOS

MÉTODO RACIONAL																	
OBRA	ESTACA	ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA							TEMPO DE CONCENTRAÇÃO				CÁLCULO DE VAZÃO MÁXIMA				
		BACIA	SUPERFÍCIE		ALONGAMENTO		DH(m)	Declividade I (m/m)	Run-off "C"	T1	T'2	T2=T'2xβ	TC=T1+T2	i (mm/h)		Q ( m³/s )	
			Áres (ha)	√A	L(hm)	α=L/√A								15 anos	25 anos	15 anos	25 anos
BSTC DN 0,60	36 a 39+8,00	2	1,08	1,039	2,200	2,1	40,0	0,18	0,550	5,36	2,12	2,86	8,2	163,660	179,606	0,270	0,297
BSTC DN 0,60	33+12 a 36	1 e 2	2,20	1,483	2,6000	1,8	43,0	0,17	0,550	5,69	3,00	4,05	9,7	156,902	172,189	0,528	0,579
BSTC DN 0,60	31+10 a 33+12	1 e 2	2,20	1,483	3,0000	2,0	43,0	0,14	0,550	6,27	3,00	4,05	10,3	154,514	169,568	0,520	0,570
BSTC DN 0,60	31+10	1 e 2	2,20	1,483	3,4000	2,3	44,0	0,13	0,550	6,82	4,00	5,40	12,2	147,154	161,491	0,495	0,543
BSTC DN 0,60	70+10	3	2,80	1,673	2,4000	1,4	15,0	0,06	0,500	11,75	4,00	5,40	17,2	131,398	144,201	0,511	0,561
BSTC DN 0,60	90+8	4	1,51	1,229	2,0000	1,6	7,0	0,04	0,500	14,80	4,00	5,40	20,2	123,439	135,466	0,259	0,284
BSTC DN 0,60	111	5	0,32	0,566	1,7000	3,0	12,0	0,07	0,500	13,53	5,00	8,35	21,9	119,512	131,156	0,053	0,058
BSTC DN 0,60	130+13	6	0,64	0,800	0,8000	1,0	8,0	0,10	0,550	10,00	1,00	1,67	11,7	149,205	163,742	0,146	0,160
BDTC DN 1,00	157+14	7	81,05	9,003	20,000	2,2	128,0	0,06	0,360	14,32	48,00	80,16	94,5	54,664	59,990	4,434	4,866
BSTC DN 0,60	162	-	0,15	0,387	1,7000	4,4	15,3	0,09	0,500	3,40	5,00	6,75	10,2	155,179	170,298	0,032	0,036
BSTC DN 0,60	165+14	8	1,02	1,010	3,0000	3,0	17,0	0,06	0,500	12,33	5,00	6,75	19,1	126,221	138,519	0,179	0,196
BSTC DN 0,60	171	9	1,00	1,000	3,0000	3,0	20,0	0,07	0,500	11,33	4,60	6,21	17,5	130,305	143,001	0,181	0,199
BSTC DN 0,60	183	10	2,41	1,552	3,1000	2,0	25,0	0,08	0,500	9,94	5,00	6,75	16,7	132,717	145,648	0,445	0,488
BSTC DN 0,60	187+12	11	1,30	1,140	2,0000	1,8	28,0	0,14	0,550	6,40	2,00	2,70	9,1	159,676	175,233	0,317	0,348
BSTC DN 0,60	193+13 a 194+6	12	1,00	1,000	1,5000	1,5	26,0	0,17	0,550	5,07	2,00	2,70	7,8	165,816	181,971	0,254	0,278
BSTC DN 0,60	195	12	1,00	1,000	2,0000	2,0	28,0	0,14	0,550	6,40	2,00	2,70	9,1	159,676	175,233	0,244	0,268
BSTC DN 0,60	199+18	13	0,58	0,762	0,6000	0,8	15,0	0,25	0,550	5,00	1,00	1,35	6,4	172,973	189,826	0,153	0,168
BSCC 2,0x1,50	203+7	14	230,00	15,166	27,0000	1,8	201,0	0,07	0,360	13,07	72,00	120,24	133,3	43,677	47,932	10,054	11,033
BSTC DN 0,60	209+11	15	1,56	1,249	2,0000	1,6	30,0	0,15	0,550	6,00	2,50	3,38	9,4	158,475	173,915	0,378	0,415
BSTC DN 0,60	240+3	16	1,12	1,058	1,0000	0,9	16,00	0,16	0,550	7,80	1,00	1,67	9,5	158,064	173,464	0,271	0,297
BSTC DN 0,60	253+1	17	2,53	1,591	1,8000	1,1	25,0	0,14	0,550	8,44	2,00	3,34	11,8	148,776	163,271	0,576	0,632
BSTC DN 0,60	276+15	18	0,30	0,548	0,4000	0,7	18,0	0,45	0,600	6,00	1,00	1,67	7,7	166,283	182,483	0,083	0,091
BSTC DN 0,60	297	19	1,15	1,072	1,7000	1,6	17,0	0,10	0,550	8,00	2,00	2,70	10,7	152,966	167,869	0,269	0,295
BSTC DN 0,80	346+10	20	5,65	2,377	2,5000	1,1	43,0	0,17	0,550	5,56	3,00	4,05	9,6	157,464	172,806	1,360	1,493
BSTC DN 0,60	359+16	21	2,41	1,552	2,5000	1,6	40,0	0,16	0,550	5,80	3,00	4,05	9,9	156,448	171,690	0,576	0,633
BSTC DN 0,80	365+2	22	4,00	2,000	2,0000	1,0	47,0	0,24	0,550	4,30	2,00	2,70	7,0	169,602	186,126	1,037	1,138

INSERIR MAPA DE BACIA

## **2 PROJETO DE DRENAGEM**

### **2.1 Introdução**

Obtidas as vazões máximas prováveis dos estudos hidrológicos, o projeto de drenagem constou da definição de dispositivos necessários a captar as águas e conduzi-las, adequadamente, de modo a não comprometer os elementos do corpo estradal da rodovia.

Estes dispositivos se agrupam em:

- Drenagem de Grotas;
- Drenagem Superficial.
- Drenagem Profunda

## 2.2 Drenagem de Grotas

O projeto de drenagem de talvegue teve como objetivo a análise dos bueiros quanto a sua suficiência hidráulica.

Os bueiros tubulares e celulares foram calculados para atenderem respectivamente à capacidade de vazão para períodos de recorrência de 15 e 25 anos.

A verificação hidráulica foi feita segundo a fórmula de Manning, de acordo com a relação:

$$Q = \frac{AR^{2/3} \times i^{1/2}}{n}$$

Onde:

Q = vazão, em m<sup>3</sup>/s;

n = coeficiente de Manning;

i = declividade da rede, em m/m;

R = raio hidráulico, em m;

Esta fórmula foi trabalhada e simplificada para o cálculo das vazões para bueiros tubulares e celulares trabalhando como canal e são descritas a seguir:

TIPO DE BUEIRO DIMENSÕES	BUEIRO TUBULAR EM CONCRETO E METÁLICO			BUEIRO CELULAR EM CONCRETO	
	SIMPLES	DUPLO	TRIPLO	SIMPLES	DUPLO
Capac. (m <sup>3</sup> /s)	1,533 D <sup>2,5</sup>	2x1,533 D <sup>2,5</sup>	3x1,533D <sup>2,5</sup>	1,705BH <sup>1,5</sup>	2x1,705BH <sup>1,5</sup>
Veloc. (m/s)	2,55 D <sup>1/2</sup>			2,56 H <sup>1/2</sup>	
Decliv. (%)	0,735 / (D <sup>1/3</sup> ) - (CONCRETO – n = 0,015)			[0,0585/ (H <sup>1/3</sup> )] [3+(4H/ B)] <sup>4/3</sup>	

Onde D é o diâmetro do tubo, B e H a dimensão da base e altura do bueiro celular, respectivamente. Esses valores são expressos em metro.

No funcionamento como orifício, a carga hidráulica a montante foi calculada utilizando-se ábacos do “U.S. Bureau of Public Roads”, utilizando-se a carga hidráulica máxima de Hw<=1,5D para os bueiros tubulares e de Hw<=1,2D, para os bueiros celulares.

O estudo da suficiência hidráulica dos bueiros e seus dimensionamentos encontram-se na planilha de estudos hidrológicos.

### **2.3 Drenagem superficial**

O projeto de drenagem superficial visou posicionar os diversos dispositivos de coleta das águas superficiais que incidem na plataforma da estrada, conduzindo-as convenientemente para fora de seu corpo.

Os dispositivos utilizados no projeto foram:

- Sarjetas de corte e aterro;
- Meio fio;
- Valetas de proteção;
- Saídas d'água de corte e aterro;
- Descidas d'água de aterro;
- Descidas d'água de aterro em degraus;
- Descida d'água de corte;
- Dissipadores de energia;
- Caixas coletoras;
- Transposição de Segmentos de sarjeta.

### 2.3.1 Sarjetas de corte e aterro

São dispositivos que captam as águas que precipitam diretamente sobre a plataforma, conduzindo-as até outros elementos de derivação que vão desaguar-las em terreno natural a jusante da estrada, onde seus efeitos nocivos não mais se farão sentir.

Estabelecida a geometria para a sarjeta, função das disponibilidades de largura da plataforma, seu dimensionamento o consistiu no estabelecimento de seu comprimento crítico, para todas as situações peculiares de planta e perfil.

Neste projeto, estabeleceu-se que as sarjetas a serem implantadas nas bordas da plataforma serão revestidas de concreto. Assim sendo, o comprimento crítico será atingido, quando estiver para se dar o transbordamento da sarjeta.

O estudo dos comprimentos críticos das sarjetas se baseou no critério de equivalência de vazões, considerando-se a fórmula do método racional com a equação da continuidade, que resulta na seguinte expressão:

$$L_{cri} = 0,36 \times 10^6 \cdot xAV / CIL$$

Onde:

$L_{cri}$  = comprimento crítico, em m;

$A$  = área da seção da sarjeta, em m<sup>2</sup>;

$V$  = velocidade de escoamento, obtida da Fórmula de Manning, onde  $n = 0,014$ ;

$C$  = coeficiente de escoamento;

$C = 0,60$  (taludes);

$C = 0,90$  (plataforma);

$I$  = intensidade de precipitação;

$L$  = largura de precipitação, em m.

O valor da intensidade de precipitação foi obtido através da equação de chuva elaborada pela COPASA a partir dos dados do Posto de Conceição do Mato Dentro, para uma recorrência de 10 anos e um tempo de concentração de 10 minutos.

Foram projetadas as seguintes sarjetas, conforme as necessidades da pista:

- Sarjetas Tipo SCA 30/10, SCA 30/15 e SCA 30/20;
- Sarjetas Tipo SCC 60/10, SCC 60/15

No caso da sarjeta de banquetas foi projetada a sarjeta SCC 60/10 e 60/15, e, em perímetro urbano, fez-se a escolha pela sarjeta tipo “B” (SUDECAP) conjugada com o meio fio tipo “B”.

<b>COMPRIMENTO CRÍTICO DE SCA - 30/10</b>													
<b>l ( m )</b>	<b>i ( % )</b>	0,50	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
	<b>Q (l / s )</b>	8,60	12,16	17,20	24,32	29,79	34,39	38,45	42,12	45,50	48,64	51,59	54,38
	<b>V( m / s )</b>	0,57	0,81	1,15	1,62	1,99	2,29	2,56	2,81	3,03	3,24	3,44	3,63
3,70		64	91	128	182	222	257	287	315	340	363	385	406
7,40		32	45	64	91	111	128	144	157	170	182	193	203
10,00		24	34	48	67	82	95	106	116	126	134	143	150
15,00		16	22	32	45	55	63	71	78	84	90	95	100
20,00		12	17	24	34	41	48	53	58	63	67	71	75
25,00		10	13	19	27	33	38	43	47	50	54	57	60
30,00		8	11	16	22	27	32	35	39	42	45	48	50
35,00		7	10	14	19	24	27	30	33	36	38	41	43
40,00		6	8	12	17	21	24	27	29	31	34	36	38
45,00		5	7	11	15	18	21	24	26	28	30	32	33
50,00		5	7	10	13	16	19	21	23	25	27	29	30
55,00		4	6	9	12	15	17	19	21	23	24	26	27
60,00		4	6	8	11	14	16	18	19	21	22	24	25
65,00		4	5	7	10	13	15	16	18	19	21	22	23
70,00		3	5	7	10	12	14	15	17	18	19	20	21
75,00		3	4	6	9	11	13	14	16	17	18	19	20

ÁREA(m<sup>2</sup>)      PM ( m )      RH2/3      n      I      c  
 0,01500      0,39233      0,11349      0,014      144,735      0,90



<b>COMPRIMENTO CRÍTICO DE SCA - 30/15</b>													
<b>l ( m )</b>	<b>i ( % )</b>	0,50	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
	<b>Q (l/s)</b>	15,37	21,73	30,74	43,47	53,24	61,47	68,73	75,29	81,32	86,93	92,21	97,19
	<b>V( m/s )</b>	0,68	0,97	1,37	1,93	2,37	2,73	3,05	3,35	3,61	3,86	4,10	4,32
3,70		115	162	230	325	398	459	513	562	607	649	689	726
7,40		57	81	115	162	199	230	257	281	304	325	344	363
10,00		42	60	85	120	147	170	190	208	225	240	255	269
15,00		28	40	57	80	98	113	127	139	150	160	170	179
20,00		21	30	42	60	74	85	95	104	112	120	127	134
25,00		17	24	34	48	59	68	76	83	90	96	102	107
30,00		14	20	28	40	49	57	63	69	75	80	85	90
35,00		12	17	24	34	42	49	54	59	64	69	73	77
40,00		11	15	21	30	37	42	47	52	56	60	64	67
45,00		9	13	19	27	33	38	42	46	50	53	57	60
50,00		8	12	17	24	29	34	38	42	45	48	51	54
55,00		8	11	15	22	27	31	35	38	41	44	46	49
60,00		7	10	14	20	25	28	32	35	37	40	42	45
65,00		7	9	13	18	23	26	29	32	35	37	39	41
70,00		6	9	12	17	21	24	27	30	32	34	36	38
75,00		6	8	11	16	20	23	25	28	30	32	34	36

ÁREA(m<sup>2</sup>)      PM ( m )      RH2/3      n      I      c  
 0,02250      0,45245      0,13523      0,014      144,735      0,90

<b>COMPRIMENTO CRÍTICO DE SCA - 30/20</b>													
	<b>i (%)</b>	0,50	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
<b>l (m)</b>	<b>Q (l/s)</b>	22,59	31,94	45,18	63,89	78,25	90,35	101,02	110,66	119,53	127,78	135,53	142,86
	<b>V(m/s)</b>	0,75	1,06	1,51	2,13	2,61	3,01	3,37	3,69	3,98	4,26	4,52	4,76
3,70		169	239	337	477	584	675	755	827	893	954	1012	1067
7,40		84	119	169	239	292	337	377	413	446	477	506	534
10,00		62	88	125	177	216	250	279	306	330	353	375	395
15,00		42	59	83	118	144	166	186	204	220	235	250	263
20,00		31	44	62	88	108	125	140	153	165	177	187	197
25,00		25	35	50	71	87	100	112	122	132	141	150	158
30,00		21	29	42	59	72	83	93	102	110	118	125	132
35,00		18	25	36	50	62	71	80	87	94	101	107	113
40,00		16	22	31	44	54	62	70	76	83	88	94	99
45,00		14	20	28	39	48	55	62	68	73	78	83	88
50,00		12	18	25	35	43	50	56	61	66	71	75	79
55,00		11	16	23	32	39	45	51	56	60	64	68	72
60,00		10	15	21	29	36	42	47	51	55	59	62	66
65,00		10	14	19	27	33	38	43	47	51	54	58	61
70,00		9	13	18	25	31	36	40	44	47	50	54	56
75,00		8	12	17	24	29	33	37	41	44	47	50	53

ÁREA(m<sup>2</sup>)    PM ( m)    RH2/3    n    I    c  
 0,03000    0,52122    0,14907    0,014    144,735    0,90

<b>COMPRIMENTO CRÍTICO DE SCC - 60/10</b>													
<b>l ( m )</b>	<b>i ( % )</b>	0,50	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
	<b>Q ( l / s )</b>	19,47	27,53	38,94	55,07	67,45	77,88	87,07	95,38	103,02	110,14	116,82	123,14
	<b>V ( m / s )</b>	0,65	0,92	1,30	1,84	2,25	2,60	2,90	3,18	3,43	3,67	3,89	4,10
3,70		145	206	291	411	504	582	650	712	770	823	873	920
7,40		73	103	145	206	252	291	325	356	385	411	436	460
10,00		54	76	108	152	186	215	241	264	285	304	323	340
15,00		36	51	72	101	124	143	160	176	190	203	215	227
20,00		27	38	54	76	93	108	120	132	142	152	161	170
25,00		22	30	43	61	75	86	96	105	114	122	129	136
30,00		18	25	36	51	62	72	80	88	95	101	108	113
35,00		15	22	31	43	53	61	69	75	81	87	92	97
40,00		13	19	27	38	47	54	60	66	71	76	81	85
45,00		12	17	24	34	41	48	53	59	63	68	72	76
50,00		11	15	22	30	37	43	48	53	57	61	65	68
55,00		10	14	20	28	34	39	44	48	52	55	59	62
60,00		9	13	18	25	31	36	40	44	47	51	54	57
65,00		8	12	17	23	29	33	37	41	44	47	50	52
70,00		8	11	15	22	27	31	34	38	41	43	46	49
75,00		7	10	14	20	25	29	32	35	38	41	43	45

ÁREA(m<sup>2</sup>)    PM ( m )    RH2/3    n    I    c  
 0,03000    0,65132    0,12849    0,014    144,735    0,90

**COMPRIMENTO CRÍTICO DE SCC - 60/15**

l ( m )	i ( % )	0,50	1,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00
	Q (l/s)	36,95	52,26	73,90	104,51	128,00	147,80	165,25	181,02	195,53	209,03	221,71	233,70
	V ( m / s )	0,82	1,16	1,64	2,32	2,84	3,28	3,67	4,02	4,35	4,65	4,93	5,19
3,70		276	390	552	781	956	1104	1234	1352	1460	1561	1656	1746
7,40		138	195	276	390	478	552	617	676	730	781	828	873
10,00		102	144	204	289	354	408	457	500	540	578	613	646
15,00		68	96	136	193	236	272	304	334	360	385	408	431
20,00		51	72	102	144	177	204	228	250	270	289	306	323
25,00		41	58	82	116	142	163	183	200	216	231	245	258
30,00		34	48	68	96	118	136	152	167	180	193	204	215
35,00		29	41	58	83	101	117	130	143	154	165	175	185
40,00		26	36	51	72	88	102	114	125	135	144	153	161
45,00		23	32	45	64	79	91	101	111	120	128	136	144
50,00		20	29	41	58	71	82	91	100	108	116	123	129
55,00		19	26	37	53	64	74	83	91	98	105	111	117
60,00		17	24	34	48	59	68	76	83	90	96	102	108
65,00		16	22	31	44	54	63	70	77	83	89	94	99
70,00		15	21	29	41	51	58	65	71	77	83	88	92
75,00		14	19	27	39	47	54	61	67	72	77	82	86

ÁREA(m<sup>2</sup>)    PM ( m )    RH2/3    n    I    c  
 0,04500    0,68647    0,16258    0,014    144,735    0,90

### **2.3.2 Meios-fios**

Os meio-fios foram indicados em alguns trechos em curvas, no raio externo da estrada, onde não há fluxo de água devido à superelevação, e também em perímetros urbanos. Em ambos os casos foram recomendados meio fio tipo “B” padrão (SUDECAP).

### **2.3.3 Valetas de Proteção**

Têm a finalidade de interceptar as águas que escoam pela encosta do terreno à montante, impedindo-as de alcançar a crista do corte ou o pé do aterro. No projeto foram indicados os dispositivos DR. VPC-04, DR. VPC-06 e DR.VPA 02.

### **2.3.4 Saídas D’água em Aterro**

As saídas d’água de aterro são dispositivos posicionados nos pontos em que são vencidos os comprimentos críticos das sarjetas, com a finalidade de dirigir as águas conduzidas pelas sarjetas pelo talude do corpo estradal.

Foram projetadas as saídas d’água em aterro do tipo DR.SDA-01 localizadas em greide reto, e saídas d’água em aterro do tipo DR.SDA-02 no caso de pontos baixos.

### **2.3.5 Saídas D’água em Corte**

Esse dispositivo é projetado com o intuito de canalizar as águas provenientes das sarjetas de corte sobre os taludes, desaguando em terreno natural onde não cause prejuízos a estrada.

Foi utilizada a saída tipo DR.SDC-01.

### **2.3.6 Descidas D’água de Aterro**

São dispositivos destinados a conduzir pelos taludes de aterro as águas precipitadas sobre a plataforma, guiadas pelas sarjetas de aterro ou meios-fios.

Possuem seção retangular em forma de canal de concreto armado ou não.

Foram projetados os tipos DR.DSA-01 e, para extensões superiores a 5,00 m DR.DSA-01A.

### **2.3.7 Descida D’água de Aterro em Degraus**

São projetadas a jusante dos bueiros, com o objetivo de conduzir as águas pelos taludes de aterro evitando erosões e no mesmo. Estes dispositivos podem ser armados ou não, dependendo do seu comprimento e, sua largura é variável de acordo com o diâmetro do bueiro utilizado.

Os tipos de descidas d’água de aterro utilizadas foram:

- DR.DDD-01, para extensões inferiores a 5,00m e bueiros com DN=0,60m;

- DR.DDD-02, DR.DDD-04, DR.DDD-06 para extensões superiores a 5,00m, sendo o primeiro para bueiros com DN=0,60m o segundo para DN=0,80m e o último para DN=1,00m.

### 2.3.8 Descida D'água de Corte

São dispositivos utilizados para conduzir as águas derivadas das valetas de corte pelo talude até a caixa coletora do bueiro de greide. Estes dispositivos, constituídos de degraus, objetivam a atenuação da velocidade da água pela incorporação de ar, até o lançamento.

Foram utilizados no projeto de drenagem:

- DR.DCD-01, DR.DCD-01A, localizadas em terreno natural, sendo DR.DCD-01A para extensões superiores a 5,00m;
- DR.DCD03 e DR.DCD03A, localizadas em talude com inclinação 2:3, sendo DR.DCD-03A para extensões superiores a 5,00m.

### 2.3.9 Dissipadores de Energia

São obras de drenagem destinadas, mediante a dissipação de energia, a diminuir a velocidade da água quando esta passa de um dispositivo de drenagem superficial qualquer para o terreno natural, de modo a evitar o fenômeno da erosão.

Foram projetados os dissipadores constantes do Caderno de Padrões DERMG:

- DEN-10, para as descidas d'água de aterro em degraus DR.DDD-01/02;
- DEN-03, para as descidas d'água de aterro simples DR.DSA-01 e DR.DSA.01<sup>a</sup>.

### 2.3.10 Caixas Coletoras

As caixas coletoras têm como objetivos principais:

- Coletar as águas provenientes das sarjetas e que se destinam aos bueiros de greide;
- Coletar as águas provenientes de áreas situadas a montante de bueiros de transposição de talvegues, permitindo sua construção abaixo do terreno natural;
- Coletar as águas provenientes das descidas d'água de cortes, conduzindo-as ao dispositivo de deságue seguro;
- Permitir a inspeção dos condutos que por elas passam, com o objetivo de verificação de sua funcionalidade e eficiência;
- Possibilitar mudanças de dimensão de bueiros, de sua declividade e direção, ou ainda quando a um mesmo local concorre mais de um bueiro.

Em casos de água proveniente de valetas foram projetadas caixas do tipo DR.CX-01 e DR.CX-02, sendo CCS-01, CCS-02 e CCS-17 (DNIT) caixas coletoras de sarjeta.

### 2.3.11 Transposição de Segmentos de Sarjetas

Consiste em uma laje de concreto executada sobre a sarjeta possibilitando o trânsito de veículos com destino a fazendas com acessos existentes na rodovia em questão.

O tipo de TSS utilizado foi o TSS-06 (DNIT).

## **2.4 Drenagem Profunda**

### **2.4.1 Camada Drenante Para Corte em Rocha**

É uma camada drenante empregada nos cortes em rocha para coletar as águas de infiltrações e/ou, rebaixar o lençol freático protegendo a estrutura do pavimento.

### **2.4.2 Dreno Profundo Longitudinal Para Corte em Rocha**

São os dispositivos utilizados para conduzir as águas provenientes da camada drenante para um dreno transversal ou terminal de dreno profundo.

### **2.4.3 Dreno Transversal**

Utilizados para transpor a água conduzida pelo dreno longitudinal para outro lado da via com o objetivo de lança-la a jusante do terreno natural.

### **2.4.4 Dreno Profundo Terminal**

São os dispositivos a serem executados na saída do dreno com o objetivo de conduzir o fluxo no sentido do escoamento, evitando o processo erosivo à jusante.

### **3 RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

Todas as especificações contidas nesse memorial devem ser consideradas durante a execução das obras da Rodovia Alvorada de Minas. Esse memorial é parte integrante do projeto de drenagem e devem ser analisados de maneira conjunta.

**Contagem, março de 2013.**

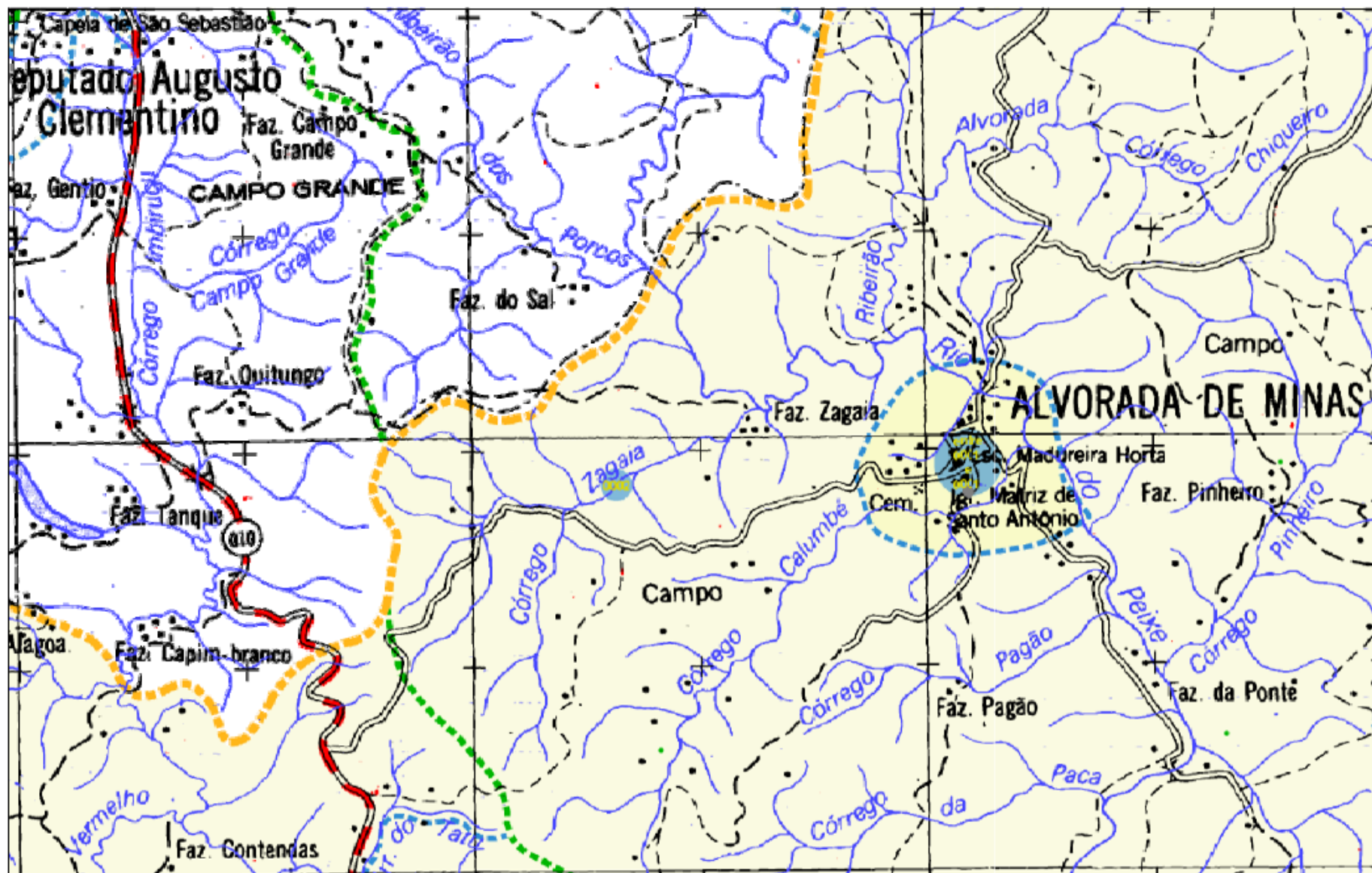
---

Eng.º Charston de Sousa Pereira

CREA/MG: 212.630/D



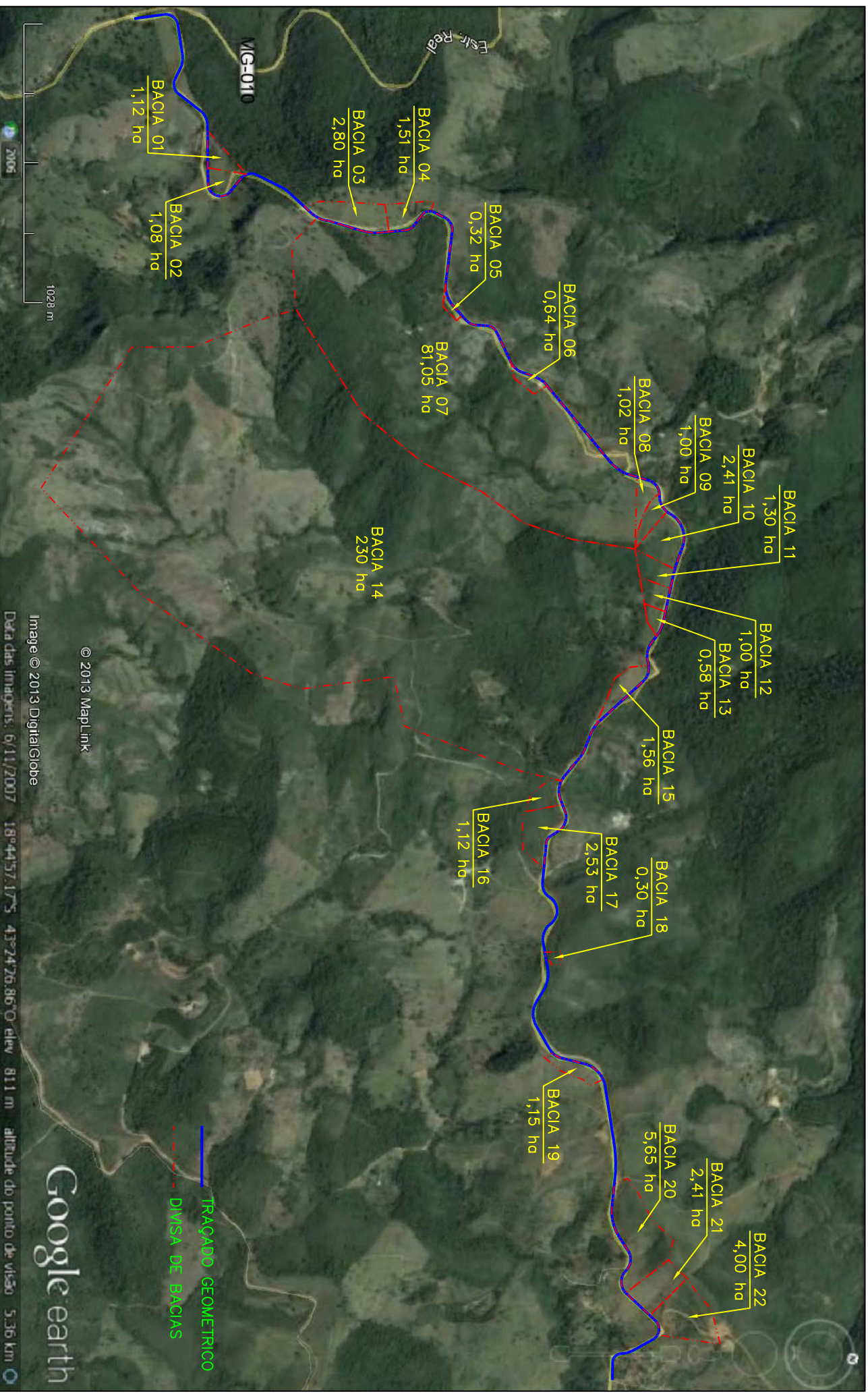
# INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS IBGE



ESCALA 1:50.000



# MAPA DE BACIAS



ESCALA 1:20000



# PROJETO DE SINALIZAÇÃO ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

## RODOVIA ALVORADA DE MINAS

---

### DADOS DO EXECUTOR

---

<b>Empresa:</b>	Geoline Engenharia
<b>CNPJ:</b>	02.657.869/0001-39
<b>INSCRIÇÃO ESTADUAL:</b>	Isenta
<b>ENDEREÇO:</b>	Rua Amapá, 163 – Bairro Amazonas – Contagem/MG – CEP: 32240-010
<b>TELEFONE:</b>	31 3292-1313   2567-0029   2567-0069   2567-0009

Contagem  
Março de 2013

## ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	OBJETIVO	2
2.0	APLICAÇÃO	2
3.0	CÓDIGOS E NORMAS	2
4.0	PARÂMETROS DO PROJETO	2
5.0	SINALIZAÇÃO HORIZONTAL	4
5.1	LINHAS DE DIVISÃO DE FLUXOS DE SENTIDOS OPOSTOS – LFO	4
5.2	LINHAS DE BORDO – LBO	4
5.3	LINHAS DE CONTINUIDADE – LCO	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
5.4	SETAS	4
6.0	SINALIZAÇÃO VERTICAL	5
6.1	PLACAS DE ADVERTÊNCIA	5
6.2	PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO	5
6.3	PLACAS INFORMATIVAS	5
7.0	DEMARCAÇÕES TOPOGRÁFICAS	6
8.0	RESPONSABILIDADE TÉCNICA	7

## 1.0 OBJETIVO

O Projeto de Sinalização foi elaborado com o objetivo de definir a concepção e o detalhamento dos dispositivos de sinalização horizontal e vertical para a Rodovia Alvorada de Minas, de maneira a proporcionar ao usuário um desempenho seguro no fluxo de tráfego.

O valor adotado para a velocidade de projeto, define os elementos básicos da sinalização, tais como, as dimensões das placas de regulamentação e advertência, as dimensões dos números, símbolos e letras das placas de informações, como também o posicionamento das placas.

## 2.0 APLICAÇÃO

Esse memorial tem a finalidade de descrever os parâmetros adotados para o projeto de sinalização, bem como a locação e o dimensionamento de todos os elementos a serem implantados.

## 3.0 CÓDIGOS E NORMAS

O projeto de sinalização foi desenvolvido com base nas seguintes normas técnicas:

CONTRAN	Volume I- Sinalização Vertical de Regulamentação
CONTRAN	Volume II- Sinalização Vertical de Advertência
CONTRAN	Volume III- Sinalização Vertical de Indicação
CONTRAN	Volume IV- Sinalização Horizontal
Código de Trânsito Brasileiro	Artigo 61- § 1º

## 4.0 PARÂMETROS DO PROJETO

Conforme estabelecido pelo Código de Trânsito Brasileiro, a velocidade máxima permitida em rodovias pavimentadas é de 110 quilômetros por hora, porém, o trecho que contempla o projeto tem muita ocorrência de aclives e declives, como também de curvas sinuosas por toda sua extensão. Portanto será adotada a velocidade de 40 quilômetros por hora visando uma maior segurança.

O dimensionamento das placas foi baseado nas tabelas abaixo, do CONTRAN:

**Tabela 1: Dimensões mínimas - sinais de forma circular**

Via	Diâmetro mínimo (m)	Tarja mínima (m)	Orla mínima (m)
Urbana	0,40	0,040	0,040
Rural (estrada)	0,50	0,050	0,050
Rural (rodovia)	0,75	0,075	0,075
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,30	0,030	0,030



**Tabela 2: Dimensões mínimas - sinais de forma quadrada**

Via	Lado mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,450	0,009	0,018
Rural (estrada)	0,500	0,010	0,020
Rural (rodovia)	0,600	0,012	0,024
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,300	0,006	0,012

**Tabela 3: Dimensões mínimas - sinais de forma retangular**

Via	Lado maior mínimo (m)	Lado menor mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,500	0,250	0,005	0,010
Rural (estrada)	0,800	0,400	0,008	0,016
Rural (rodovia)	1,000	0,500	0,010	0,020
Áreas protegidas por legislação especial(*)	0,400	0,200	0,006	0,012

**Tabela 4: Altura mínima das letras em função da velocidade regulamentada**

VELOCIDADE REGULAMENTADA (km/h)	ALTURA MÍNIMA DAS LETRAS MAIÚSCULAS – h (mm)	
	Via Urbana	Via Rural
$V \leq 40$	125	150
$40 < V \leq 70$	150	150
$V = 80$	200	200
$80 < V \leq 100$	250	250
$V > 100$	-	300

## 5.0 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

O Projeto de Sinalização Horizontal consistiu na determinação dos seguintes dispositivos (pinturas a serem feitas no pavimento):

- LBO - Linhas de Bordo;
- LFO 1 - Linha Simples Contínua - Amarela;
- LFO 2 – Linha Simples Seccionada - Amarela.

### 5.1 LINHAS DE DIVISÃO DE FLUXOS DE SENTIDOS OPOSTOS – LFO

São as linhas longitudinais que regulamentam a separação dos fluxos de tráfego de sentidos opostos, delimitando, na pista, o espaço disponível para cada sentido de tráfego. Linhas com resina acrílica emulsionada em água de espessura úmida de 0,5mm.

- Linha dupla contínua, Linha Simples Contínua e Linha Simples Seccionada ao longo eixo;
- Cor amarela;
- Largura = 0,10 m.
- Distância entre linhas = 0,10 m

### 5.2 LINHAS DE BORDO – LBO

São as linhas longitudinais que delineiam a parte da pista destinada ao rolamento. Linhas com resina acrílica emulsionada em água de espessura úmida de 0,5mm.

- Linha simples contínua;
- Cor branca;
- Largura = 0,10 m;

### 5.3 SETAS

Utilizadas nas aproximações com ruas adjacentes, onde não é possível a inserção de sinalização vertical, com resina emulsionada em água de espessura úmida de 0,5mm.

- Cor branca;
- Comprimento = 5,00 m, conforme padrão determinado pela resolução 236/07 do DENATRAN, para velocidade menor ou igual a 80 Km/h.

## 6.0 SINALIZAÇÃO VERTICAL

O Projeto de Sinalização Vertical consiste no posicionamento das placas de regulamentação, de advertência e de indicação ao longo da via. As legendas e desenhos das placas de regulamentação e advertência são padronizadas, suas dimensões são as adotadas de acordo com a velocidade estabelecida nas vias. Suas dimensões deverão seguir o quadro de placas, na planta geral.

As placas deverão ser em Aço Carbono 1010/1020,MSG-16,na espessura de 1,5 mm, com fundo, símbolos e tarjas em película refletiva tipo III da ABNT.

### 6.1 PLACAS DE ADVERTÊNCIA

Quadrada (Na rodovia, Interseções e Perímetros Urbanos):

Lado =1,00 m;

Fundo na cor amarela;

Símbolo na cor preta;

Orla interna = 0,020 m, na cor preta;

Orla externa = 0,010 na cor amarela;

Altura = 1,20 m do solo.

### 6.2 PLACAS DE REGULAMENTAÇÃO

Circular:

Diâmetro = 1,00 m;

Fundo na cor branca;

Símbolo na cor preta;

Tarja = 0,100 m, na cor vermelha;

Orla = 0,10 m, na cor vermelha;

Letras na cor preta;

Altura = 1,20 m do solo.

### 6.3 PLACAS INFORMATIVAS

Retangular:

Placas de Indicação de sentido foram utilizadas para dar as informações necessárias ao usuário nas aproximações de vias adjacentes. Seu dimensionamento, posicionamento e padronização se basearam em:

Altura = 1,20 m do solo;

As placas implantadas deverão ser fixadas em postes metálicos, com altura de 1,20m.

Altura das letras 0,150 m, na cor branca;

As dimensões horizontais devem variar em múltiplos de 0,10 m;

As dimensões verticais devem variar em múltiplos de 0,10 m;

Suas cores são: fundo verde e setas brancas;

Tarjas = 0,010 m, na cor branca;

Orla interna = 0,020 m, na cor branca;

Orla externa = 0,010 m, na cor verde;



## **7.0 DEMARCAÇÕES TOPOGRÁFICAS**

Para a execução da obra são necessárias as demarcações topográficas das pinturas no pavimento, bem como do posicionamento das placas, de acordo com o estaqueamento apresentado na planta geral.

## **8.0 RESPONSABILIDADE TÉCNICA**

Todas as especificações contidas nesse memorial devem ser consideradas durante a execução das obras da Rodovia Alvorada de Minas. Esse memorial é parte integrante do projeto de sinalização e devem ser analisados de maneira conjunta.

Contagem, março de 2013.

---

**Eng.º Charston de Sousa Pereira**  
**CREA/MG: 212.630/D**



**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**

**CREA-MG**

**ART OBRA / SERVIÇO**  
**Nº MG20210111332**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

INICIAL

**1. Responsável Técnico**

**CHARSTON DE SOUSA PEREIRA**

Título profissional: **ENGENHEIRO AGRIMENSOR, ENGENHEIRO CIVIL, ENGENHARIA DE TRANSPORTES, CURSO DE ESPECIALIZACAO EM ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL**

RNP: **1404870113**  
 Registro: **MG0000068218D MG**

Empresa contratada: **GEOLINE ENGENHARIA LTDA**

Registro: **3541-MG**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **MUNICIPIO DE ALVORADA DE MINAS**  
**AVENIDA JOSE MADUREIRA HORTA**

CPF/CNPJ: **18.303.164/0001-53**  
 Nº: **190**

Complemento:

Bairro: **Centro**

Cidade: **ALVORADA DE MINAS**

UF: **MG**

CEP: **39140000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R\$ 1.500,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Juridica de Direito Público**

Ação Institucional: **Outros**

**3. Dados da Obra/Serviço**

**RODOVIA TRECHO - RODOVIA MG 010**

Nº: **S/N**

Complemento:

Bairro: **ALVORADA DE MINAS**

Cidade: **ALVORADA DE MINAS**

UF: **MG**

CEP: **39140000**

Data de Início: **25/02/2021**

Previsão de término: **25/02/2022**

Coordenadas Geográficas: **0, 0**

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MUNICIPIO DE ALVORADA DE MINAS**

CPF/CNPJ: **18.303.164/0001-53**

**4. Atividade Técnica**

2014 - Elaboração

Quantidade

Unidade

80 - Projeto > CONSTRUÇÃO CIVIL > INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS > #1.4.2 - DE SISTEMA DE REDES DE ÁGUAS PLUVIAIS

8,00

km

80 - Projeto > TRANSPORTES > INFRAESTRUTURA RODOVIÁRIA > #4.1.2 - DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA PARA RODOVIAS

8,00

km

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO; PROJETO DE DRENAGEM

**6. Declarações**

- A Resolução nº 1.094/17, CONFEA, instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea) .

**7. Entidade de Classe**

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

**CHARSTON DE SOUSA PEREIRA - CPF: 659.822.406-30**

Local

data

**MUNICIPIO DE ALVORADA DE MINAS - CNPJ: 18.303.164/0001-53**

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

\* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

**10. Valor**

Valor da ART: **R\$ 88,78**

Registrada em: **26/02/2021**

Valor pago: **R\$ 88,78**

Nosso Número: **8594118335**





**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
**Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977**

**CREA-MG**

**ART OBRA / SERVIÇO**  
**Nº 1420140000001994972**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais**

INICIAL

**1. Responsável Técnico**

**CHARSTON DE SOUSA PEREIRA**

Título profissional: **ENGENHEIRO AGRIMENSOR, ENGENHEIRO CIVIL, CURSO DE ESPECIALIZACAO EM ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL**

RNP: **1404870113**

Registro: **MG0000068218D MG**

Empresa contratada: **GEOLINE ENGENHARIA LTDA**

Registro: **3541-MG**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **MUNICIPIO DE ALVORADA DE MINAS**

CPF/CNPJ: **18.303.164/0001-53**

Avenida **JOSE MADUREIRA HORTA**

Nº: **190**

Complemento:

Bairro: **CENTRO**

Cidade: **Alvorada de Minas**

UF: **MG**

CEP: **39140000**

Contrato: **0149/2012**

Celebrado em: **08/02/2013**

Valor: **R\$ 15.000,00**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional: **Orgão Público**

Situação: **BAIXA DE ART**

Atendido: **SIM**

Data da Solicitação: **29/08/2014**

Data do Atendimento: **28/08/2014**

Motivo: **CONCLUSÃO DA OBRA/SERVIÇO**

Descrição: **Conclusão da obra/serviço**

**3. Dados da Obra/Serviço**

Rodovia **TRECHO - RODOVIA MG 010**

Nº:

Complemento:

Bairro:

Cidade: **Alvorada de Minas**

UF: **MG**

CEP: **39140000**

Data de Início: **10/02/2013**

Previsão de término: **28/08/2014**

Coordenadas Geográficas: ,

Finalidade: **OUTROS**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MUNICIPIO DE ALVORADA DE MINAS**

CPF/CNPJ: **18.303.164/0001-53**

**4. Atividade Técnica**

**7 - EXECUÇÃO**

	Quantidade	Unidade
22 - ESTUDO > #1013-1054 - PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL-PCA	8,00	km
43 - PROJETO > #1003-1043 - PARA FINS PLANEALTIMETRICOS	8,00	km
43 - PROJETO > #1003-1050 - PARA OUTROS FINS	8,00	km
43 - PROJETO > #1003-1050 - PARA OUTROS FINS	8,00	km
54 - ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL > #1013-1053 - ESTUDO IMPACTO AMBIENTAL E REL. IMPACTO AMBIEN.-EIA/RIMA	8,00	km
43 - PROJETO > #1003-1050 - PARA OUTROS FINS	8,00	km

**5. Observações**

PROJETO GEOMETRICO,TERRAPLENAGEM,SINALIZAÇÃO,PCA,PROJETO URBANISTICO, PCA, ESTUDO IMPACTO AMBIENTAL,TOPOGRAFIA

**6. Declarações**

**7. Entidade de Classe**

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

**CHARSTON DE SOUSA PEREIRA - CPF: 659.822.406-30**

Local

data

**MUNICIPIO DE ALVORADA DE MINAS - CNPJ: 18.303.164/0001-53**

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

\* Área de Atuação: PROJETO - CIVIL; PROJETO - DESMEMBRAMENTO; PROJETO - GEOMETRICO; ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL - MEIO AMBIENTE; ESTUDO - MEIO AMBIENTE; PROJETO - AGRIMENSURA

**10. Valor**

Registrada em:

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: 59Z7y  
 Impresso em: 15/02/2021 às 14:31:22 por: , ip: 190.112.167.128

