MEMORIAL DESCRITIVO TÉCNICO

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO RURAL – ESTRADA DO BAÚ
MUNICÍPIO DE LOANDA-PR

PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DE ESTRADAS RURAIS ESTRADA DO BAÚ

1. IDENTIFICAÇÃO

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

- **LOCALIZAÇÃO:** ESTRADA DO BAÚ
- **Município:** LOANDA – Paraná
- **Área de Intervenção:** 2,685 km / 20.055,00 m²
- **Tipo de Obra:** Pavimentação Rural
- **Proprietário:** Prefeitura Municipal de Loanda –PR
  CNPJ:76.972.074/0001-51

1. APRESENTAÇÃO

O presente Memorial Descritivo estabelece, de forma detalhada e normativa, os requisitos técnicos, construtivos e operacionais necessários à execução das obras de pavimentação da Estrada da Baú, contemplando a especificação dos materiais, os procedimentos executivos, os critérios de medição e aceitação dos serviços, bem como os parâmetros e métodos de controle tecnológico aplicáveis.

Este documento integra o Projeto Executivo de Engenharia, possuindo caráter contratual e vinculante, devendo ser integralmente observado pela empresa executora, que será responsável pelo fiel cumprimento das prescrições técnicas aqui estabelecidas, em conformidade com as normas técnicas vigentes, boas práticas de engenharia e diretrizes dos órgãos competentes.

2. OBJETIVO

A presente intervenção tem por objetivo promover a melhoria das condições estruturais, funcionais e operacionais da via, mediante a execução de serviços de pavimentação que assegurem adequada capacidade de suporte do pavimento, trafegabilidade contínua em quaisquer condições climáticas, redução dos custos de conservação e manutenção ao longo do ciclo de vida útil da estrada, bem como incremento dos níveis de segurança viária, conforto de rolamento e eficiência logística para os usuários.

3. NORMAS TÉCNICAS

Todos os serviços deverão ser executados em estrita conformidade com as Especificações Técnicas do DER, Normas e Manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas aplicáveis ao objeto, observando-se sempre a versão vigente na data de execução dos serviços. Em caso de divergência entre documentos normativos, prevalecerão as diretrizes rodoviárias oficiais hierarquicamente superiores e mais restritivas do ponto de vista técnico e de desempenho.

4. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DO SUBLEITO

4.1 Caracterização e Classificação do Solo

O subleito da via é constituído predominantemente por solo de origem residual de **arenito marrom**, apresentando coloração característica, textura arenosa e comportamento granular, com baixa presença de finos plásticos.

Os materiais identificados ao longo dos furos de sondagem (ST-01 a ST-06) evidenciam um solo com predominância de fração **areia média a fina**, bem graduada, com pequena fração de silte não plástico, conferindo ao conjunto elevada permeabilidade e boa capacidade de drenagem.

Do ponto de vista geotécnico, o solo apresenta comportamento típico de materiais granulares, com **baixa plasticidade ou não plástico (N.P.)**, ausência de coesão significativa e elevada sensibilidade à variação de densidade, sendo sua resistência diretamente relacionada ao grau de compactação.

De acordo com a classificação rodoviária pelo sistema **AASHTO**, o material enquadra-se no grupo **A-1-b**, característico de solos arenosos de excelente a bom comportamento para uso em camadas de pavimentação.

Sob a ótica do **Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS)**, o material pode ser classificado como **areia bem graduada (SW)** ou **areia com pequena fração de finos (SP-SM)**, dependendo da variabilidade local observada nos perfis de sondagem.

De modo geral, o subleito apresenta condições geotécnicas favoráveis, com boa capacidade de suporte natural, elevada drenabilidade e baixa suscetibilidade a variações volumétricas, características compatíveis com sua utilização em obras de infraestrutura viária.

4.2 Parâmetros Geotécnicos Representativos

Com base na campanha de investigação que incluiu 6 furos de sondagem (ST-01 a ST-06) distribuídos ao longo do trecho, os parâmetros médios obtidos para o dimensionamento estrutural são:

- **Índice de Suporte Califórnia (ISC/CBR médio):** 17,7%
- **Expansão média:** 0,1%
- **Densidade Máxima Seca média:** 1,946 g/cm³
- **Umidade Ótima de Compactação média:** 9,1%
- **Classificação Rodoviária (AASHTO):** AASHTO A-1-b (ARENITO MARROM) ARENOSO (granular)
- **Comportamento Mecânico:** Os resultados indicam um solo com boa capacidade de suporte e expansão desprezível, adequado para as camadas do pavimento.

4.3 Interpretação Geotécnica

A classificação do subleito aponta para um material granular de boa drenabilidade e baixíssima expansibilidade. Com um CBR médio de **17,7%**, o solo enquadra-se em uma faixa de suporte satisfatória para pavimentação asfáltica em vias rurais. Para garantir o desempenho projetado, recomenda-se:

- Controle rigoroso do grau de compactação em campo.
- Manutenção da umidade próxima à ótima (9,1%) durante a execução.
- Implantação de sistema de drenagem para preservar as características do subleito.

4.4 Normas Técnicas de Referência

Os ensaios foram conduzidos sob as seguintes diretrizes:

- **Compactação:** DNIT 164/2013
- **ISC/CBR:** DNIT 172/2016
- **Preparação de Amostras:** DNER 041/94
- **Limites de Consistência:** DNER 122/94 e DNER 082/94

Conclusão Técnica:
Os resultados obtidos na campanha de investigação geotécnica demonstram que o solo do subleito da **Estrada Baú** apresenta características favoráveis ao emprego em obras de pavimentação rodoviária.

O material, classificado como **A-1-b (material granular)** pela metodologia AASHTO, destaca-se por ser **não plástico (N.P.)** e apresentar um **Índice de Suporte Califórnia (CBR) médio de 17,7%**, o que confere ao subleito uma categoria de suporte de "boa" a "excelente" para o tráfego previsto. Além disso, a **expansão média de 0,1%** é considerada desprezível, reduzindo drasticamente o risco de patologias ligadas a variações volumétricas do solo.

Diante do comportamento mecânico observado, conclui-se que o solo possui capacidade estrutural adequada para servir de base ao pavimento flexível, desde que sejam rigorosamente observados os seguintes requisitos durante a execução:

1. **Compactação:** Atendimento ao grau de compactação (GC) estabelecido em projeto, utilizando a energia de compactação de referência.
2. **Controle de Umidade:** Manutenção da umidade de campo próxima à umidade ótima determinada em laboratório (**9,1%**), com as tolerâncias normatizadas.
3. **Drenagem:** Execução eficiente do sistema de drenagem superficial e profunda, garantindo que o material arenoso (solo residual de arenito) não sofra processos erosivos ou perda de suporte por saturação prolongada.

Com base nestes parâmetros, o subleito encontra-se apto para receber as camadas superjacentes do pavimento, garantindo a estabilidade e a vida útil projetada para a via.

5. VIDA ÚTIL DE PROJETO E PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento do pavimento utilizou o método desenvolvido pelo Eng. Murilo Lopes de Souza (1966) – Método de Projetos de Pavimentos Flexíveis. O dimensionamento estrutural foi desenvolvido considerando a metodologia consagrada de engenharia rodoviária e critérios técnicos estabelecidos por manuais normativos do DNIT, adotando parâmetros de tráfego, características geotécnicas locais e desempenho estrutural requerido para vias rurais com solicitação de cargas pesadas.

Para fins de cálculo e verificação estrutural, foram considerados os seguintes parâmetros de projeto:

TDM (VEIC/DIA): 700
D (FATOR DE OCUPAÇÃO %): 50
Período de Projeto: 10 anos
Taxa de Crescimento do Tráfego: 4,5% ao ano (modelo exponencial)

Volume Diário Médio Inicial (VDM): 447 veículos/dia
Fator de Carga: 5,26961
Fator de Equivalência de Eixo: 3,57047
Número N de Projeto: 4,30 × 10^7 solicitações equivalentes

5.1 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL CALCULADO

Com base no Número N calculado de 4,30 X 10^7 solicitações, a via enquadra-se na classe de **Tráfego Pesado**. O dimensionamento, seguindo o método de Murilo Lopez de Souza (1966) adotado pelo DNIT, resultou nas seguintes espessuras totais necessárias:

- **Espessura sobre a sub-base (H20):** 31 cm.
- **Espessura total sobre o subleito (Hm):** 34 cm.

Critério de Verificação Estrutural por Espessura Equivalente
A verificação do dimensionamento estrutural do pavimento foi realizada com base no conceito de **espessura equivalente**, conforme o método de Murilo Lopes de Souza (1966), adotado pelo DNIT, no qual cada camada contribui estruturalmente de acordo com seu coeficiente (**K**).

- Verificação da Proteção da Sub-base
Para a proteção da sub-base, considera-se apenas a contribuição do revestimento e da base:
R·KR+B·KB≥1,2·H20 B
(5cmx2,00)+(20cmx1,4)
=10+28,00=**38cm**

Valor mínimo exigido:
H20=31 cm A estrutura adotada **atende exatamente ao valor mínimo exigido**, garantindo a adequada proteção da sub-base.

Verificação da Proteção do Subleito

Para a proteção do subleito, considera-se a contribuição de todas as camadas do pavimento:

R·KR+B·KB+SB·KSB≥Hm
(5cmx2,00)+(20cmx1,4)+(15x0,77)
=10+28,00+11,55= **49,55cm**

Valor mínimo exigido:
Hm=34 cm A estrutura apresenta **espessura equivalente superior ao mínimo exigido**, assegurando adequada proteção do subleito contra tensões e deformações.

Os resultados demonstram que a estrutura dimensionada:

- Atende integralmente à proteção da sub-base;
- Supera a exigência de proteção do subleito;
- Está compatível com o tráfego de projeto (**N = 4,30 × 10^7); 43.000,000 (quarenta e três milhões) Tráfego Pesado (P)**
- Garante desempenho estrutural e vida útil adequada do pavimento.

Considerando que N > 10^7, aplicou-se a recomendação normativa de majoração da proteção sobre a sub-base em 20% (1,2 X H20). Portanto:

(1,2 X 31cm) = 37,20 cm
A estrutura projetada utiliza uma **Base de Solo-Cimento** com coeficiente estrutural K = 1,4 ($28 < RCS < 45\ kgf/cm^2$)

($28 < RCS < 45\ kgf/cm^2$) e **Revestimento** com K = 2,0. A espessura equivalente proporcionada pela base (20 cm) e revestimento (5 cm) é calculada pela inequação:

(5cm X 2,0) + (20cm X1,4) = 10 + 28,00 = 38,00cm

Este valor atende exatamente ao mínimo exigido de **38,00 cm**, garantindo a proteção da sub-base e a integridade do pavimento para o período de 10 anos.

Resumo da Seção Estrutural Calculada:

- **Revestimento:** 5 cm
- **Base:** 20 cm
- **Sub-base:** 15 cm
- **Reforço do Subleito:** Não considerado

CRITÉRIOS DE DEFINIÇÃO DAS CAMADAS

A definição das camadas estruturais fundamenta-se nos seguintes critérios técnicos:

1. **Espessuras mínimas normativas**
   A base (20 cm) e a sub-base (15 cm) atendem às espessuras mínimas recomendadas para camadas estabilizadas e granulares, conforme diretrizes usuais do DNIT.
2. **Coeficientes estruturais (K)**
   A utilização de solo-cimento na base permite um coeficiente superior (K=1,4), otimizando a espessura física necessária para atingir a proteção de 38,00 cm sobre a sub-base.
3. **Compatibilidade geotécnica**
   A sub-base apresenta CBR ≥ 40% e o subleito CBR = 17,7%, resultando em relação CBR inferior a 3, adotando-se coeficiente estrutural K = 0,77 para a sub-base.
4. **Integração do Sistema:** Como a sub-base possui CBR de 40% e o subleito de 17,7%, a relação de CBR é inferior a 3, resultando em um coeficiente de sub-base K=0,77 para o cálculo da espessura total.
5. **Dispensa de Reforço:** Devido à boa capacidade de suporte do subleito (CBR = 17,7%), o reforço do subleito não foi considerado no cálculo estrutural (hn = 0 não calculado).
6. **Segurança estrutural**
   As espessuras equivalentes obtidas são superiores aos valores mínimos exigidos, garantindo desempenho adequado ao longo da vida útil de projeto.

5.2 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ADOTADA (PROJETO EXECUTIVO)

- **Revestimento:** 5 cm
  Tipo: **Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)**

Coeficiente estrutural: **K = 2,0**
Obs.: A espessura atende aos critérios usuais para tráfego pesado, conforme prática adotada pelo DNIT.

Base (Solo-Cimento 6%): 20 cm
Coeficiente estrutural: **K = 1,4**, considerando **(28 < RCS < 45 kgf/cm²)**
Obs.: A espessura final da base de solo-cimento foi fixada em **20cm**, adotando-se uma margem de segurança (majorada) em relação ao valor mínimo obtido no dimensionamento estrutural mecânico-empírico. Esta decisão técnica visa ampliar a durabilidade global do pavimento, otimizar a distribuição das tensões verticais no topo do aterro e garantir maior facilidade operacional no controle de níveis e regularização da pista em campo, considerando o tráfego severo de veículos pesados (N = 4,3 x 10^7).

Considerando critérios de desempenho, execução e segurança estrutural, optou-se pela adoção de uma estrutura com espessuras superiores:

Estrutura Adotada (Projeto Executivo)

- Revestimento: **5 cm**
- Base (solo-cimento): **20 cm**
- Sub-base: **15 cm**

Camada	Dimensionada	Adotada	Acréscimo
Revestimento	5 cm	5 cm	0%
Base	20 cm	20 cm	0%
Sub-base	15 cm	15 cm	0%

Comparativo Estrutural (Espessura Equivalente)

Estrutura Dimensionada:

(5×2,0)+(20×1,4)+(15×0,77)=49,55 cm

Estrutura Adotada:

(5×2,0)+(20×1,4)+(15×0,77)=49,55 cm

. Conclusão Técnica: A estrutura adotada, composta por capa de CBUQ de 5 cm, intercamada elástica em TSS (RR-2C) e base em solo-cimento de 20 cm (28 < {RCS < 45 kgf/cm²), apresenta desempenho mecânico superior à solução mínima estritamente dimensionada, promovendo um incremento seguro na espessura equivalente total do pavimento. Esta configuração otimiza a distribuição de tensões verticais sobre o aterro subjacente e mitiga o risco de trincamento reflexivo, mostrando-se ideal para o volume severo de tráfego pesado previsto (N = 4,3 X 10^7). A solução encontra pleno respaldo técnico e normativo junto às diretrizes do DNIT e do DER/PR, sendo plenamente justificável sob os aspectos de segurança estrutural, facilidade executiva, durabilidade e desempenho do pavimento ao longo de sua vida útil de projeto.

6. CONTROLE GEOTÉCNICO DO SUBLEITO E DOS ATERROS

O subleito natural e os aterros executados ao longo do trecho deverão ser previamente regularizados, escarificados quando necessário e compactados até atingir grau mínimo de compactação de **100% do Proctor Normal (PN)**, conforme ensaio de referência (DNER-ME 129 ou equivalente).

O controle geotécnico deverá contemplar:

- **Determinação da Umidade Ótima (W ot}):** Estabelecida em laboratório para cada tipo de solo encontrado;
- **Controle de Umidade em Campo:** Verificação constante para garantir que a compactação ocorra dentro da tolerância de ±2% em relação à umidade ótima;
- **Ensaios de Grau de Compactação:** Realização de ensaios (frasco de areia ou similar) em pontos aleatórios e sistemáticos conforme o plano de amostragem;
- **Verificação Geométrica:** Controle de cotas e espessuras das camadas após a compactação;
- **Saneamento de Defeitos:** Identificação e correção imediata de borrachudos, áreas com excesso de umidade ou baixa capacidade de suporte antes da liberação da camada sobreposta.

A exigência do índice de **100% PN** visa atingir os seguintes objetivos técnicos:

1. **Potencializar o Módulo de Resiliência:** Garantir que o suporte efetivo do subleito seja condizente com o CBR de projeto;
2. **Estabilidade Volumétrica:** Mitigar deformações plásticas e evitar o surgimento precoce de trilhas de roda;
3. **Longevidade Estrutural:** Minimizar recalques diferenciais que comprometem a camada de base e o revestimento;
4. **Homogeneidade:** Assegurar que todo o trecho apresente comportamento mecânico uniforme.

O dimensionamento estrutural aqui apresentado fundamentou-se em um CBR de projeto de 17,7%. Para assegurar que a capacidade de suporte real da fundação guarde estrita correlação com as premissas de cálculo, é condição indispensável o atingimento dos parâmetros de compactação (100% PN) e controle de umidade. Ressalta-se que a estabilidade das camadas superiores e a durabilidade prevista para o pavimento são tecnicamente dependentes da integridade dessa base. Portanto, a conformidade do projeto e seu desempenho ao longo da vida útil estão vinculados à execução rigorosa dos procedimentos geotécnicos, cabendo à unidade executora a garantia da qualidade e o atendimento integral às especificações aqui estabelecidas.

7. CLASSIFICAÇÃO FUNCIONAL DA VIA

A via objeto do presente projeto é classificada funcionalmente como **via rural coletora de padrão estrutural reforçado**, destinada predominantemente ao atendimento do tráfego agrícola, transporte de insumos, escoamento de produção e circulação de veículos pesados e máquinas auto propelidas de grande porte, caracterizando regime de solicitação mecânica elevada e repetitiva.

Do ponto de vista operacional, a rodovia apresenta características geométricas compatíveis com vias rurais de pista simples bidirecional, inserida em ambiente com interferências naturais, presença eventual de animais, vegetação lateral densa e limitações visuais pontuais, fatores que influenciam diretamente na definição dos parâmetros de projeto geométrico e segurança viária.

A **velocidade diretriz de projeto adotada é de 60 km/h**, definida com base nos seguintes critérios técnicos:

- condição funcional da via rural;
- característica predominante de tráfego pesado;
- geometria existente do traçado;
- distância de visibilidade disponível;
- segurança operacional;
- diretrizes técnicas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito.

Essa velocidade diretriz foi utilizada como parâmetro de verificação para:

- dimensionamento de distâncias de parada e ultrapassagem;
- definição de sinalização horizontal e vertical;
- posicionamento de dispositivos auxiliares;
- análise de segurança operacional da plataforma viária.

Dessa forma, a classificação funcional e a velocidade adotadas garantem compatibilidade entre a capacidade estrutural do pavimento, as condições geométricas da via e o comportamento esperado do tráfego ao longo da vida útil de projeto, assegurando níveis adequados de conforto, estabilidade e segurança aos usuários.

8. JUSTIFICATIVA TÉCNICA DA SOLUÇÃO ESTRUTURAL

A solução estrutural composta por revestimento em CBUQ, base estabilizada com solo-cimento e sub-base granular foi selecionada com base em análise técnico-econômica e critérios de desempenho estrutural, considerando:

- elevada solicitação de cargas repetidas;
- presença predominante de tráfego pesado agrícola;
- disponibilidade regional de materiais;
- durabilidade requerida;
- custo global de ciclo de vida.

A solução adotada apresenta melhor relação custo-benefício quando comparada a alternativas como tratamento superficial simples, revestimentos primários ou pavimentos granulares não estabilizados, os quais não atenderiam adequadamente às condições de carregamento previstas.

9. CRITÉRIOS DE TOLERÂNCIA EXECUTIVA

Durante a execução deverão ser respeitadas as seguintes tolerâncias máximas admissíveis:

- Espessura das camadas: ±1,0 cm
- Largura da plataforma: ±5 cm

- Declividade transversal: ±0,3%
- Alinhamento horizontal: ±3 cm
- Grau de compactação: ≥ 100% Proctor Normal
- Regularidade superficial: conforme limite normativo aplicável

Qualquer trecho executado fora dessas tolerâncias deverá ser corrigido antes da liberação da etapa subsequente.

10. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

A medição dos serviços executados será realizada conforme unidades previstas na planilha orçamentária, observando:

- serviços de terraplenagem → m³ executado e aceito
- camadas estruturais → m² executado na espessura de projeto
- sinalização → unidade implantada ou m² aplicado

transporte → m³ × distância

Somente serão medidos serviços que atendam integralmente às especificações técnicas e resultados de controle tecnológico.

11. PLANO DE MANUTENÇÃO DA VIA

Para preservação da vida útil estrutural prevista, recomenda-se execução periódica das seguintes atividades:

- limpeza de dispositivos de drenagem;
- recomposição de bordos;
- selagem de trincas;
- reposição de sinalização horizontal;
- inspeção visual anual.

A ausência de manutenção poderá reduzir significativamente a vida útil de projeto.

12. RECEBIMENTO DA OBRA

Recebimento Provisório

Ocorrerá após conclusão dos serviços e verificação de conformidade geométrica, estrutural e tecnológica.

Recebimento Definitivo

Será realizado após período mínimo de observação operacional, desde que não sejam constatadas patologias estruturais ou falhas executivas.

13. DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE TÉCNICA

O presente projeto foi desenvolvido em conformidade com normas técnicas brasileiras aplicáveis ao dimensionamento, execução e controle tecnológico de pavimentos rodoviários, atendendo aos requisitos de segurança estrutural, desempenho funcional e durabilidade.

14. SERVIÇOS PRELIMINARES

Os serviços preliminares compreendem todas as atividades necessárias à preparação da área de intervenção para o início das obras, incluindo, mas não se limitando a: limpeza geral da faixa de domínio, supressão controlada de vegetação, remoção de materiais orgânicos, detritos e obstáculos superficiais, execução de locação topográfica planialtimétrica completa com materialização dos eixos, bordos e cotas de projeto, bem como implantação de sinalização provisória de obras conforme normas vigentes de segurança viária e do trabalho.

Essas etapas deverão assegurar condições adequadas de acesso, segurança operacional e precisão geométrica para as fases subsequentes da execução. Preparação da Caixa da Estrada deverá ser realizada limpeza completa e preparo da caixa da via em toda a extensão do trecho, compreendendo a remoção integral da camada superficial solta, solos orgânicos, materiais vegetais, raízes, detritos, bolsões de material instável e quaisquer impurezas que possam comprometer o desempenho estrutural do pavimento. O procedimento deverá assegurar exposição de superfície firme, homogênea e estável, apta a receber as camadas subsequentes, sendo obrigatória a regularização e conformação geométrica do fundo da caixa conforme greide de projeto. Eventuais pontos com baixa capacidade de suporte deverão ser escavados e substituídos por material adequado, devidamente compactado, garantindo uniformidade de suporte ao longo da plataforma.

15. TERRAPLENAGEM

15.1 Remoção da Camada Superficial

Será executada a remoção da camada superficial do terreno natural, com espessura média de **20 cm**, composta por solo orgânico, material vegetal, raízes, turfa ou quaisquer materiais considerados impróprios ao suporte estrutural do pavimento. A escavação deverá ser realizada de forma mecanizada, com controle de profundidade e regularização do plano de corte. Todo o material removido deverá ser transportado e destinado a área de bota-fora devidamente licenciada pelos órgãos ambientais competentes, sendo vedado seu reaproveitamento em camadas estruturais.

15.2 Preparo do Subleito (leito da estrada)

Após a remoção do material inadequado, o subleito deverá ser submetido a escarificação na profundidade mínima necessária para promover a desagregação e uniformização do solo existente. Em seguida, deverá ser executada a homogeneização granulométrica, correção do teor de umidade até a faixa ótima de compactação e posterior compactação mecânica, de modo a atingir grau mínimo de 100% do Proctor Normal, conforme critérios de controle tecnológico estabelecidos em norma. A superfície final deverá apresentar regularidade geométrica, estabilidade e capacidade de suporte compatíveis com as cargas de projeto.

15.3 Aterro de Reforço SUB-BASE

Será executado aterro de reforço estrutural mediante substituição do material removido por solo selecionado, isento de matéria orgânica, torrões, raízes ou fragmentos de rocha de grandes dimensões, devendo atender aos requisitos geotécnicos de plasticidade, granulometria e capacidade de suporte definidos em projeto. O material deverá ser lançado, espalhado e compactado em camadas sucessivas com espessura máxima de **15 cm** após compactação, até atingir o grau de compactação especificado. O processo executivo deverá garantir uniformidade, estabilidade volumétrica, resistência mecânica e adequada distribuição de tensões para o suporte das camadas superiores do

pavimento. Em seguida, deverá ser executada a homogeneização granulométrica, correção do teor de umidade até a faixa ótima de compactação e

posterior compactação mecânica, de modo a atingir grau mínimo de 100% do Proctor Normal, conforme critérios de controle tecnológico estabelecidos em norma. A superfície final deverá apresentar regularidade geométrica, estabilidade e capacidade de suporte compatíveis com as cargas de projeto.

15.4 BASE

Será executada camada de base em **solo-cimento com teor de 6% de cimento Portland**, devidamente homogeneizado e compactado, com espessura de **20 cm após compactação**.

O material deverá ser previamente selecionado, apresentando granulometria adequada, baixa plasticidade e ausência de matéria orgânica, atendendo aos requisitos geotécnicos estabelecidos em projeto. A mistura solo-cimento deverá ser realizada de forma mecânica, garantindo distribuição uniforme do cimento e homogeneidade do material.

A compactação deverá ser executada em camadas sucessivas, com controle rigoroso de umidade, de modo a atingir grau mínimo de **100% do Proctor Normal (PN)**, conforme especificações de controle tecnológico.

A camada deverá apresentar superfície regularizada, devidamente acabada e com resistência compatível com o tráfego de projeto, sendo considerada estruturalmente responsável pela distribuição das cargas para as camadas inferiores.

O desempenho estrutural da base foi dimensionado com coeficiente estrutural **K = 1,**, conforme critérios técnicos usuais de projetos rodoviários, em conformidade com práticas adotadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

16. DRENAGEM SUPERFICIAL E DISPOSITIVOS HIDRÁULICOS

O sistema de drenagem superficial será executado com a finalidade de promover o rápido afastamento das águas pluviais incidentes sobre a plataforma da via e áreas adjacentes, assegurando a proteção estrutural do pavimento, a estabilidade do subleito, a preservação dos taludes e a durabilidade das camadas constituintes da estrutura viária. Todos os dispositivos deverão ser implantados conforme projeto executivo, observando rigorosamente critérios hidráulicos, geométricos e geotécnicos.

16.1 Declividade Transversal

A seção transversal da pista será executada com abaulamento ou caimento mínimo de 2%, orientado para as laterais, garantindo a drenagem imediata das águas precipitadas. A superfície final deverá apresentar regularidade geométrica contínua, sem depressões, ressaltos ou irregularidades que possam favorecer retenção hídrica, infiltrações localizadas ou concentração de fluxo superficial. A tolerância geométrica admissível deverá obedecer aos limites estabelecidos em norma técnica aplicável.

16.2 Dispositivos Laterais e Bacias de Captação e Acumulação

As bacias de captação e acumulação de águas pluviais serão implantadas ao longo da via com **espaçamento médio de 80,00 m**, conforme indicado em projeto e representado na prancha de drenagem.

Entretanto, ressalta-se que os pontos de implantação deverão ser verificados em campo, considerando o estaqueamento do eixo, o perfil longitudinal e as condições topográficas locais, podendo ocorrer variações nos espaçamentos previstos.

Em determinados trechos, poderão ser observadas distâncias maiores ou menores entre as bacias, conforme necessidade de melhor adequação ao escoamento superficial e ao comportamento hidráulico da via.

Durante a execução, caso sejam identificadas condições que indiquem necessidade de ajuste ou realocação de algum ponto de implantação, deverá ser realizada a verificação in loco e, quando necessário, a alteração deverá ser previamente comunicada ao projetista responsável para validação técnica.

Em nenhuma hipótese as alterações poderão comprometer a eficiência do sistema de drenagem superficial, devendo ser mantida sua funcionalidade de captação, condução e dissipação das águas pluviais.

16.3 Declividade e Condução das Águas

O pavimento será executado com **declividade transversal de 2%**, direcionada para as laterais da via.

A conformação transversal da plataforma deverá assegurar escoamento superficial eficiente, conduzindo as águas pluviais até os dispositivos de captação, evitando:

- Acúmulo de água sobre a pista;
- Infiltrações indesejadas na estrutura do pavimento;
- Desenvolvimento de processos erosivos;
- Comprometimento da estabilidade da plataforma.

16.4 Continuidade Hidráulica

O sistema de drenagem superficial será executado com a finalidade de promover o rápido afastamento das águas pluviais incidentes sobre a plataforma da via e áreas adjacentes, assegurando a proteção estrutural do pavimento, a estabilidade do subleito, a preservação dos taludes e a durabilidade das camadas constituintes da estrutura viária. Todos os dispositivos deverão ser implantados conforme projeto executivo, observando rigorosamente critérios hidráulicos, geométricos e geotécnicos.

A plataforma da via será executada de modo a assegurar a plena continuidade hidráulica entre a superfície de rolamento, os dispositivos de condução lateral e os pontos de captação.

- **Integração do Sistema:** O conjunto formado pelo pavimento, dispositivos de condução lateral e caixas de captação deve operar de forma integrada, eliminando descontinuidades, degraus hidráulicos ou pontos de estagnação de águas pluviais.
- **Distribuição das Sarjetas:** As sarjetas serão implantadas de forma contínua em **ambos os lados da via**, acompanhando a extensão lateral conforme a necessidade técnica de direcionamento do fluxo até os pontos de deságue ou bacias de captação.
- **Critério de Execução:** A instalação dos dispositivos fica condicionada à avaliação técnica *in loco* quanto à eficiência do escoamento superficial. As sarjetas devem apresentar inclinação longitudinal precisa, garantindo a condução fluida e a integridade do sistema.
- **Ajustes de Campo:** Caso sejam necessárias correções geométricas para otimizar o fluxo pluvial, estas deverão ser executadas durante a fase de conformação, sob supervisão da fiscalização e do responsável técnico.

16.5 Sarjetas

Quando necessárias, as sarjetas adotadas serão do **Tipo 4 – padrão DER/PR**, devendo atender integralmente às especificações técnicas vigentes.

Durante a execução da obra, deverá ser verificado *in loco*:

- A real necessidade de implantação das sarjetas;
- O adequado ajuste da inclinação longitudinal para direcionamento do fluxo pluvial;
- A compatibilidade geométrica do modelo com a seção transversal da via;
- A estabilidade lateral e a proteção contra erosão.

Caso se constate que, em determinados pontos, não há necessidade de execução conforme inicialmente previsto, a implantação poderá ser tecnicamente ajustada ou suprimida, desde que sejam garantidos:

- O correto direcionamento do escoamento superficial;
- A estabilidade da plataforma da via;
- A integridade estrutural do pavimento;
- A prevenção de processos erosivos.

Sempre que necessário, novas sarjetas poderão ser implantadas ou ajustadas em campo, assegurando o adequado funcionamento do sistema de drenagem superficial.

17. ESTRUTURA DO PAVIMENTO

A estrutura do pavimento será constituída por camadas sucessivas devidamente dimensionadas para suportar as solicitações mecânicas provenientes do tráfego atuante e das ações climáticas, garantindo desempenho estrutural, estabilidade volumétrica, durabilidade e adequada distribuição de tensões ao subleito. Todos os materiais, procedimentos executivos e controles tecnológicos deverão atender às especificações técnicas vigentes e às exigências estabelecidas em projeto. A estrutura do pavimento será composta por camadas sucessivas dimensionadas para resistir às solicitações mecânicas do tráfego previsto e às ações climáticas, garantindo adequada capacidade

estrutural, estabilidade volumétrica, impermeabilidade e eficiente distribuição de tensões ao subleito.

Os materiais empregados, métodos executivos e controles tecnológicos deverão atender às especificações vigentes do DNIT/DER e às exigências estabelecidas em projeto.

17.1 Subleito

Será executada a remoção da camada superficial do terreno natural com espessura média de 20 cm, seguida de escarificação, homogeneização e compactação, de modo a atingir grau mínimo de 100% do Proctor Normal (PN), formando o subleito tratado da plataforma.

17.2 Sub-base – COMPACTAÇÃO A 100% PN)

Sobre o subleito devidamente preparado, será executada camada de sub-base com espessura de 15 cm, constituída por solo selecionado (aterro), isento de materiais orgânicos ou inadequados, compactado a 100% do Proctor Normal (PN), garantindo regularidade geométrica e capacidade de suporte para as camadas superiores.

- **Qualidade do Material:** O solo a ser utilizado deverá apresentar um índice de suporte **CBR ≥ 40%** e expansão máxima de 0,2%, conforme os parâmetros adotados no dimensionamento estrutural para tráfego pesado (N = 4,30 X10^7).
- **Execução e Compactação:** O material deverá ser espalhado em camadas uniformes, com controle de umidade (dentro da faixa de +/- 2% da umidade ótima). A compactação será executada de forma rigorosa até atingir o grau de **100% da massa específica aparente seca máxima**, obtida em laboratório através da energia do **Proctor Normal (PN)**.
- **Função Estrutural:** Esta camada tem como finalidade principal servir de fundação e plataforma de trabalho para a base semi-rígida de solo-cimento, promovendo a transição de tensões para o subleito e minimizando deflexões elásticas que poderiam comprometer a integridade do revestimento asfáltico.
- **Controle Tecnológico:** A aceitação da camada estará condicionada à verificação de densidade "in situ", ensaios de CBR para confirmação do material e controle de nivelamento e espessura, garantindo a regularidade geométrica da seção transversal

17.3 Base – Solo-Cimento (6%)

A base será executada em **solo-cimento** com teor de **6% em peso** e espessura final compactada de **20 cm**. A opção pela espessura de 20 cm visa ampliar a capacidade de carga da base frente ao elevado volume de tráfego previsto, constituindo o principal elemento estrutural do pavimento. Esta camada foi dimensionada para apresentar elevada capacidade de suporte, módulo resiliente compatível com as cargas de projeto (N = 4,3 x 10^7) e rigidez suficiente para promover a adequada distribuição de tensões às camadas inferiores.

Execução e Controle: O processo construtivo deverá garantir a total homogeneidade da mistura solo-cimento em pista ou usina. O controle tecnológico será rigoroso e sistemático, contemplando:

- **Compactação:** Realização de ensaios de massa específica aparente seca em campo (grau de compactação) a cada trecho executado, garantindo no mínimo **100% da energia do Proctor Normal (PN)**.
- **Resistência Mecânica:** Moldagem de corpos de prova para ensaios de Resistência à Compressão Simples (RCS) aos 7 dias de cura estanque, validando o intervalo de **28 < RCS < 45 kgf/cm²** conforme plano de amostragem e normas vigentes do DER/PR.
- **Geometria e Acabamento:** Verificação sistemática e topográfica da espessura final compactada (**20 cm**), além do controle de greide e regularidade superficial da camada antes da aplicação da pintura de cura e da intercamada elástica (TSS).
- **Processo de Cura:** Após a compactação e acabamento, a base em solo-cimento deverá ser submetida a processo de **cura úmida**, pelo período mínimo de **7 (sete) dias consecutivos**. Este procedimento é indispensável para garantir a adequada hidratação do cimento e o desenvolvimento da resistência mecânica especificada em projeto, previamente à Sexecução da imprimação e da camada de revestimento asfáltico (CBUQ).

  Durante o período de cura, a superfície deverá ser mantida continuamente úmida, por meio de aspersão de água, cobertura com lona plástica ou geotêxtil umedecido, de modo a evitar perdas de umidade por evaporação.

  O processo tem como objetivo evitar fissuração por retração e assegurar o desempenho estrutural da camada, garantindo a durabilidade e a integridade do pavimento.

  Alternativas de Cura: Caso haja necessidade de utilização de aditivos aceleradores de resistência ou membranas químicas para otimização do cronograma de cura, o uso deverá ser previamente analisado e autorizado pelo projetista responsável, mediante apresentação de ensaios laboratoriais que comprovem a manutenção das propriedades estruturais (RCS e Módulo de Resiliência) previstas em projeto.

- **Metodologia de Compactação:** Devido à espessura de 20 cm, a compactação deverá ser realizada obrigatoriamente com **rolo compactador pé-de-carneiro** de alta capacidade, garantindo a homogeneidade da densidade em toda a profundidade da camada, com acabamento final em **rolo liso vibratório**.

17.5 Tratamento Superficial Simples (TSS) COM (EMULSÃO RR-2C) – Camada Intermediária Absorvedora de Tensões (SAMI Simplificado)

Será executado Tratamento Superficial Simples (TSS) com utilização de Emulsão Asfáltica RR-2C, aplicado entre a base cimentada (solo-cimento) e o revestimento em CBUQ, com a finalidade de atuar como camada intermediária absorvedora de tensões (SAMI simplificado).

Finalidades Técnicas

Esta camada terá as seguintes funções estruturais:

• Atuar como camada intermediária absorvedora de tensões (SAMI simplificado);
• Mitigar a propagação de fissuras decorrentes da retração hidráulica e das variações térmicas da base cimentada;
• Contribuir para a impermeabilização complementar da estrutura do pavimento;
• Melhorar a interface de aderência entre a base cimentada e o revestimento asfáltico;
• Reduzir a ocorrência de trincas por reflexão no revestimento superior em CBUQ.

Execução

A execução do Tratamento Superficial Simples (TSS) deverá obedecer às seguintes etapas:

1. Aplicação da emulsão asfáltica RR-2C, por meio de caminhão espargidor devidamente calibrado;
2. Espalhamento imediato e uniforme do agregado mineral, conforme faixa granulométrica especificada em projeto;
3. Compactação com rolo pneumático, promovendo o adequado assentamento e travamento dos agregados;
4. Remoção dos agregados soltos, quando necessário, após a estabilização da camada.

A execução deverá ocorrer exclusivamente sob condições climáticas favoráveis, sobre superfície seca, limpa, regularizada e devidamente imprimada.

As taxas de aplicação da emulsão asfáltica e do agregado mineral deverão ser definidas previamente por meio de trecho experimental, com acompanhamento e controle tecnológico em campo, garantindo o desempenho adequado da camada.

Após a completa estabilização do TSS, deverá ser executada a pintura de ligação com emulsão RR-1C para posterior aplicação do revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

17.5 PINTURA DE LIGAÇÃO (EMULSÃO RR-1C)

A pintura de ligação consiste na aplicação de emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida tipo RR-1C sobre a superfície previamente preparada, limpa e isenta de materiais soltos, com a finalidade de promover a aderência entre a camada existente e a nova camada de revestimento asfáltico em CBUQ. Esta operação é fundamental para garantir o comportamento monolítico da estrutura do pavimento, evitando desplacamentos, escorregamentos e falhas prematuras entre as camadas.

A emulsão RR-1C deverá atender às especificações vigentes e ser aplicada por meio de caminhão espargidor, em taxa compatível com as características da superfície, normalmente entre 0,8 e 1,0 L/m² da emulsão diluída, ou conforme

orientação da fiscalização e resultados obtidos em campo. A liberação para execução da camada subsequente ocorrerá somente após a ruptura da emulsão e evaporação da água.

A execução dos serviços deverá atender às disposições da Norma DNIT 145/2012 – ES – Pavimentação – Pintura de Ligação com Ligante Asfáltico.

17.7 REVESTIMENTO FINAL – CBUQ (5 cm)

O revestimento final será constituído por camada de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), com espessura final compactada de 5,0 cm, executada sobre superfície previamente preparada e com pintura de ligação devidamente curada.

A mistura asfáltica deverá ser produzida em usina apropriada, obedecendo rigorosamente à dosagem de projeto aprovada, com controle de temperatura, teor de ligante, granulometria dos agregados e homogeneidade da mistura. O transporte deverá ser realizado em veículos com caçamba metálica limpa e protegida, de modo a evitar perda térmica e segregação.

A aplicação será realizada por vibro acabadora auto propelida, garantindo regularidade superficial, espessura uniforme e alinhamento geométrico. A compactação deverá ocorrer imediatamente após a distribuição, utilizando sequência adequada de rolos compactadores, de forma a atingir a densidade especificada, eliminar vazios excessivos e assegurar adequado intertravamento entre agregados. A superfície final deverá apresentar textura homogênea, ausência de segregações, trincas, ondulações ou exsudação de ligante.

18. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA EXECUÇÃO DAS OBRAS

A execução dos serviços de terraplenagem e das camadas do pavimento deverá ser realizada com equipamentos compatíveis com a natureza de cada atividade, garantindo eficiência construtiva, controle tecnológico e atendimento às especificações de projeto.

a) Terraplenagem e Subleito

- Escavadeira hidráulica para remoção da camada superficial e escavações localizadas;
- Motoniveladora para regularização e conformação do subleito;
- Caminhões basculantes para transporte de material de bota-fora e aterros;
- Rolo compactador pé-de-carneiro para compactação do subleito;
- Rolo liso vibratório para acabamento final;
- Caminhão-pipa para controle de umidade.

b) Sub-base (aterro selecionado)

- Motoniveladora para espalhamento e conformação;
- Caminhão basculante para transporte e lançamento do material;
- Rolo compactador pé-de-carneiro para compactação;
- Rolo liso vibratório para acabamento;
- Caminhão-pipa para ajuste de umidade.

c) Base em Solo-Cimento

- Usina ou central de mistura (quando aplicável);
- Motoniveladora ou grade de mistura para homogeneização in situ;
- Caminhão-pipa para controle de umidade;
- Rolo compactador pé-de-carneiro de alta energia;
- Rolo liso vibratório para acabamento;
- Equipamentos de laboratório de campo para controle tecnológico (densidade, umidade e resistência).

d) Tratamento Superficial, Pintura de Ligação e Revestimento Asfáltico

• Caminhão espargidor devidamente calibrado para aplicação da imprimação, emulsão RR-2C do Tratamento Superficial Simples (TSS) e emulsão RR-1C da pintura de ligação;

• Espargidor manual complementar para aplicação dos ligantes asfálticos em áreas de difícil acesso e locais confinados;

• Distribuidor de agregados para execução do Tratamento Superficial Simples (TSS);

• Rolo pneumático para compactação e acomodação dos agregados do Tratamento Superficial Simples (TSS);

• Vibroacabadora autopropelida para espalhamento e acabamento do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ);

• Rolo pneumático e rolo liso vibratório tipo tandem para compactação do revestimento em CBUQ;

• Caminhões basculantes com caçamba metálica e proteção térmica para transporte da mistura asfáltica (CBUQ);

• Equipamentos auxiliares necessários ao controle geométrico, acabamento e execução dos serviços.

19. GEOMETRIA DA VIA

A plataforma da pista de rolamento será executada com largura total de 7,00 m, conforme seção transversal de projeto, devendo ser respeitados os alinhamentos horizontal e vertical definidos no traçado geométrico.

Será adotada declividade transversal de 2%, uniformemente distribuída a partir do eixo para as bordas, com o objetivo de garantir estabilidade operacional dos veículos, conforto de rolamento e eficiência no escoamento superficial das águas pluviais. A conformação geométrica deverá ser executada dentro das tolerâncias técnicas admissíveis, não sendo permitidas variações que comprometam a segurança viária ou o desempenho hidráulico.

20. CONTROLE TECNOLÓGICO

O controle tecnológico dos materiais e serviços será obrigatório em todas as etapas executivas, constituindo condição indispensável para aceitação dos serviços. Deverão

ser realizados ensaios laboratoriais e de campo destinados à verificação da conformidade com as especificações de projeto e normas técnicas aplicáveis.

Os ensaios mínimos a serem executados incluem, entre outros:

- análise granulométrica dos agregados e solos;
- determinação do teor de umidade e controle de compactação;
- verificação do teor de ligante asfáltico;
- ensaios de densidade “in situ”;
- controle de espessura das camadas executadas;
- ensaios de resistência mecânica e capacidade de suporte.

Nenhuma etapa subsequente poderá ser iniciada sem a prévia liberação da camada anterior pela fiscalização técnica, mediante análise dos resultados de ensaio e inspeção visual. Serviços executados em desacordo com as especificações deverão ser corrigidos, refeitos ou substituídos às expensas da contratada, sem ônus adicional para a contratante.

Parâmetros Tecnológicos do CBUQ

Para fins de controle tecnológico e aceitação da mistura asfáltica do revestimento em CBUQ, deverão ser considerados os seguintes parâmetros de referência:

- **Densidade aparente da mistura:** 2,536 t/m³
- **Teor de ligante asfáltico (CAP):** 5,0% em massa da mistura total

A mistura deverá ser dosada e produzida de forma a atender simultaneamente aos requisitos volumétricos, mecânicos e de durabilidade previstos em projeto e em norma técnica aplicável, garantindo estabilidade, resistência à deformação permanente, adequada relação vazios/agregado/ligante e desempenho estrutural compatível com as solicitações de tráfego.

Durante a execução, o controle tecnológico deverá verificar a conformidade desses parâmetros por meio de ensaios laboratoriais e de campo, sendo obrigatória a adequação imediata da dosagem ou do processo produtivo sempre que forem observadas variações fora das tolerâncias admissíveis.

21. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DOS SERVIÇOS

A aceitação dos serviços executados estará condicionada à comprovação de conformidade com as especificações técnicas de projeto, normas aplicáveis e resultados de controle tecnológico. Somente serão considerados aptos os serviços que atenderem integralmente aos parâmetros geométricos, físicos e mecânicos estabelecidos, incluindo, mas não se limitando a:

- atendimento rigoroso às cotas altimétricas e alinhamentos planimétricos;
- espessuras executadas compatíveis com as espessuras de projeto, dentro das tolerâncias admissíveis;
- grau de compactação mínimo especificado para cada camada;
- regularidade superficial compatível com padrões de conforto e segurança operacional;
- adequada aderência entre camadas estruturais e de revestimento;
- ausência de defeitos construtivos, segregações, desagregações, trincas prematuras ou falhas de acabamento.

Caso sejam constatadas não conformidades, a contratada deverá promover, às suas expensas, as correções necessárias, incluindo remoção, recomposição ou reconstrução dos trechos rejeitados, até o pleno atendimento das exigências técnicas.

22. DESEMPENHO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO

A estrutura projetada apresenta espessura total aproximada de 55 cm acima do subleito, considerando o conjunto das camadas estruturais executadas. Tal configuração confere ao pavimento elevada capacidade de suporte e distribuição de tensões, sendo classificada como estrutura de alta capacidade estrutural, dimensionada para suportar solicitações repetidas de cargas provenientes de tráfego pesado típico de vias rurais, incluindo veículos agrícolas, caminhões

carregados e equipamentos de grande porte. O sistema estrutural adotado proporciona desempenho satisfatório quanto à resistência à deformação permanente, estabilidade volumétrica, durabilidade e vida útil de projeto, desde que sejam rigorosamente observados os procedimentos executivos, parâmetros de compactação, controle tecnológico e manutenção preventiva previstos.

23. RESPONSABILIDADES DA CONTRATADA

Compete à empresa contratada executar integralmente os serviços em estrita conformidade com o projeto executivo, memorial descritivo, especificações técnicas, normas vigentes e determinações da fiscalização, assumindo plena responsabilidade técnica pela qualidade, estabilidade e desempenho dos serviços realizados.

São obrigações da contratada, entre outras:

- assegurar que todos os materiais empregados atendam às especificações técnicas e requisitos normativos;
- manter controle tecnológico sistemático e contínuo de materiais e processos executivos;
- disponibilizar equipamentos adequados, calibrados e em perfeitas condições operacionais;
- garantir mão de obra qualificada e supervisão técnica permanente;
- adotar medidas de segurança do trabalho e proteção ambiental durante toda a execução;
- corrigir, remover, refazer ou substituir, sem ônus adicional à contratante, quaisquer serviços que apresentem não conformidade técnica, defeitos executivos ou resultados insatisfatórios nos ensaios de controle.

A contratada será integralmente responsável pela estabilidade, integridade e desempenho das estruturas executadas até o recebimento definitivo da obra.

24. CONCLUSÃO TÉCNICA

A solução de pavimentação adotada apresenta configuração estrutural compatível com as solicitações de tráfego previstas, características geotécnicas do subleito e condições climáticas regionais, resultando em sistema com elevada capacidade de suporte, adequada distribuição de tensões, alta durabilidade e desempenho funcional satisfatório ao longo da vida útil de projeto.

O conjunto das camadas estruturais, associado ao sistema de drenagem projetado e aos parâmetros de controle tecnológico especificados, proporciona segurança operacional, estabilidade geométrica e resistência às ações mecânicas e ambientais, caracterizando solução tecnicamente consistente, economicamente viável e plenamente

adequada à finalidade da via.

25. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o dimensionamento estrutural do pavimento descrito neste memorial foi elaborado com base em metodologias consagradas e critérios técnicos aplicáveis a obras de infraestrutura viária de características semelhantes, conclui-se que a solução projetada apresenta adequada capacidade estrutural frente às solicitações de carga, às características geotécnicas do subleito e às condições operacionais da via.

O dimensionamento adotado está em conformidade com as diretrizes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, fundamentando-se em boas práticas de engenharia e em parâmetros técnicos amplamente aceitos para o tipo de intervenção proposta.

Adicionalmente, a solução proposta encontra respaldo na experiência consolidada em obras executadas na região, as quais apresentam desempenho satisfatório sob condições similares de tráfego e clima.

Dessa forma, fica estabelecida a adoção do dimensionamento apresentado, devendo sua execução observar rigorosamente as recomendações técnicas e especificações construtivas descritas neste memorial, de modo a garantir o desempenho, a durabilidade e a funcionalidade da estrutura do pavimento ao longo de sua vida útil.

01. SINALIZAÇÃO VIÁRIA — ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA EXECUTIVA

1.1 Generalidades

A sinalização viária deverá ser implantada como sistema operacional de segurança e orientação, constituindo elemento integrante do desempenho funcional da via, devendo atender integralmente aos requisitos geométricos, ópticos, mecânicos e de durabilidade estabelecidos em normas técnicas vigentes aplicáveis à infraestrutura rodoviária.

Sua execução deverá ser precedida de verificação geométrica do pavimento, controle de limpeza superficial e aprovação formal da fiscalização técnica.

1.2 Condições de Aplicação

A aplicação dos dispositivos de sinalização somente será autorizada quando a superfície apresentar simultaneamente:

- teor de umidade compatível com aderência do material;
- ausência de partículas soltas;
- rugosidade superficial adequada;
- temperatura dentro da faixa de aplicação especificada pelo fabricante;
- estabilidade estrutural da camada de rolamento.

É terminantemente proibida aplicação sobre superfície contaminada, pulverulenta, segregada ou com exsudação de ligante.

1.3 Sinalização Horizontal

1.3.1 Materiais

Os materiais empregados deverão apresentar:

- alta resistência à abrasão;
- elevada refletividade inicial;
- estabilidade cromática;
- resistência a hidrocarbonetos;
- aderência química e mecânica ao substrato asfáltico.

Poderão ser utilizados:

- tinta acrílica retro refletiva;
- material termoplástico extrudado ou aspergido;
- sistema plástico bi componente.

A seleção do sistema deverá considerar a classe funcional da via, volume de tráfego e intervalo de manutenção previsto.

1.3.2 Microesferas de Vidro

As microesferas deverão ser incorporadas simultaneamente à aplicação do material de demarcação, com taxa compatível com o índice mínimo de retro refletividade exigido, garantindo retorno luminoso adequado em condição noturna e sob chuva.

1.3.3 Geometria e Configuração das Linhas

A disposição das marcas longitudinais obedecerá rigorosamente ao projeto executivo, considerando:

- distância de visibilidade de parada;
- distância de visibilidade de ultrapassagem;
- raio de curvatura horizontal;
- declividade longitudinal;
- interferências laterais;
- zonas de conflito operacional.

Classificação das Linhas de Sinalização Horizontal:

Tipo	Função Operacional
Linha longitudinal contínua (LFO-1)	Proibição de ultrapassagem (fluxos no mesmo sentido ou sentidos opostos)
Linha longitudinal seccionada (LFO-2)	Permite ultrapassagem quando houver segurança
Linha de bordo (contínua)	Delimita a plataforma da via, separando pista e acostamento
Linha transversal de retenção	Indica o local de parada obrigatória (ex: “PARE”)

Tipo	Função Operacional
Linha de bordo lateral contínua	Orientação e segurança, principalmente em trechos noturnos ou rurais

Tabela – Sinalização Horizontal

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Observação
1	Linha longitudinal contínua (LFO-1)	m	40,00	Eixo da via – proibição de ultrapassagem
2	Linha longitudinal seccionada (LFO-2) CADÊNCIA 1:3	m	2.825,00	Eixo da via – ultrapassagem permitida
3	Linha longitudinal seccionada (LFO-2) CADÊNCIA 1:2	m	-	Laterais da pista
4	Linha de bordo contínua (LBO)	m	5.730,00	Laterais da pista

Nota: As linhas de sinalização horizontal terão **largura mínima de 0,10 m (10 cm)**, executadas com tinta acrílica refletiva.

1.4 Dispositivos Retrorrefletivos Elevados

Os dispositivos retro refletivos elevados (tachões) deverão ser implantados em conformidade com o projeto executivo, atendendo às diretrizes do Conselho Nacional de Trânsito, por meio do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, e às especificações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Deverão atender às seguintes especificações técnicas:

- **Espaçamento Longitudinal:** 12,00 m, salvo indicação diversa em projeto;
- **Posicionamento:** Implantação ao longo do eixo da via e/ou nas laterais, conforme função de canalização e segregação de fluxo;
- **Refletividade:** Bidirecional, garantindo visibilidade para ambos os sentidos de tráfego;
- **Resistência Mecânica:** Deverão apresentar resistência ao cisalhamento e ao impacto compatível com o padrão rodoviário, conforme especificações do DNIT;
- **Aderência:** Deverão possuir coeficiente de aderência adequado, compatível com vias de tráfego pesado, não comprometendo a segurança dos veículos.

A fixação deverá ser executada com **adesivo estrutural à base de resina epóxi**, aplicado sobre superfície previamente limpa, seca e preparada, garantindo adequada ancoragem e resistência às ações combinadas de cargas repetidas do tráfego, variações térmicas e umidade. Os dispositivos deverão apresentar durabilidade e

desempenho satisfatórios quanto à retro reflexão, mesmo sob condições severas de uso.

Quantidade prevista: 717 unidades.

1.5 Sinalização Vertical

A sinalização vertical de regulamentação e advertência deverá ser implantada em estrita conformidade com o projeto executivo e com as normas técnicas vigentes, em especial o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Sinalização Vertical, instituído pelo Conselho Nacional de Trânsito, bem como as diretrizes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, garantindo segurança, legibilidade e eficiência operacional do sistema viário.

1.5.1 Parâmetros de Instalação e Desempenho

A eficácia da sinalização dependerá do atendimento aos seguintes parâmetros técnicos, conforme estabelecido no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (MBST – Volume IV – Sinalização Vertical):

Altura Livre: As placas deverão ser instaladas com altura mínima que não interfira na circulação de pedestres e veículos, assegurando adequada visibilidade ao condutor, conforme critérios do MBST. Devendo ser instaladas mantendo a altura mínima necessária para não obstruir a passagem de pedestres ou veículos, garantindo a visibilidade do condutor.

Afastamento Lateral: Deverá ser respeitado o distanciamento em relação ao bordo da pista ou guia (meio-fio), evitando riscos de colisão e garantindo correta leitura da sinalização, conforme recomendações do DNIT. O Posicionamento em relação ao bordo da pista ou guia (meio-fio) para evitar colisões e garantir a leitura adequada sem interferir no fluxo.

Ângulo de Incidência Luminosa: As placas deverão ser posicionadas com inclinação adequada, de modo a otimizar a retro reflexão da luz dos faróis e evitar ofuscamento, conforme diretrizes do MBST. A Instalação com angulação precisa para evitar o ofuscamento e maximizar o retorno da luz dos faróis ao condutor.

Coeficiente Retro refletivo: As películas refletivas (grau técnico, alta intensidade ou diamante) deverão atender aos níveis mínimos de retro reflexão exigidos pelo CONTRAN, conforme especificações do MBST. A Utilização de películas (grau técnico, alta intensidade ou diamante) que atendam aos níveis mínimos de retro reflexão exigidos para cada tipo de via.

Visibilidade Diurna e Noturna: Deverá ser assegurado contraste adequado de cores e refletividade suficiente para garantir a perfeita percepção da mensagem em quaisquer condições de iluminação e clima, conforme normativas vigentes. A Garantia de que o contraste de cores e a refletividade permitam a percepção da mensagem em qualquer condição climática ou de iluminação.

Zona de Leitura: A implantação deverá considerar a distância necessária para percepção, identificação e reação do condutor, compatível com a velocidade

regulamentada da via, conforme critérios do MBST. O Posicionamento estratégico que respeite o tempo de percepção e reação do motorista em função da velocidade da via.

1.5.2 Suportes e Fixação

Os suportes das placas (postes ou braços projetados) deverão ser dimensionados e executados de modo a garantir, conforme diretrizes do DNIT:

Estabilidade Estrutural: Resistência mecânica suficiente para suportar cargas permanentes e ações de vento.

Segurança em Impactos: Sempre que aplicável, deverão possuir dispositivos que reduzam os danos em caso de impacto (elementos colapsáveis ou bases de ruptura), conforme boas práticas de segurança viária.

Resistência à Vibração: O sistema de fixação deverá impedir afrouxamentos ou falhas estruturais decorrentes das vibrações induzidas pelo tráfego.

Os suportes deverão apresentar desempenho estrutural adequado para resistir aos esforços de vento, impactos acidentais e vibrações, garantindo a durabilidade e a integridade do sistema de sinalização, conforme recomendações técnicas do DNIT.

Os suportes (postes ou braços projetados) deverão ser dimensionados para garantir:

1. **Estabilidade Estrutural:** Resistência mecânica para suportar a carga própria e a pressão dinâmica do vento.
2. **Segurança em Impactos:** Devem possuir características que minimizem danos aos ocupantes de veículos em caso de impacto acidental (colapsáveis ou com base de ruptura, conforme projeto).
3. **Resistência à Vibração:** O sistema de fixação deve impedir o afrouxamento ou fadiga do material causados pelo deslocamento de ar e vibração constante do tráfego local.
4. Os suportes deverão possuir estabilidade estrutural suficiente para resistir a esforços de vento, impacto acidental e vibração induzida pelo tráfego e:

- altura livre;
- afastamento lateral;
- ângulo de incidência luminosa;
- coeficiente retro refletivo;
- visibilidade diurna e noturna;
- zona de leitura.

Nota: Placas conforme MBST/**Conselho Nacional de Trânsito** e diretrizes do **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**.
Quantitativo estimado em prancha de projeto de sinalização, sujeito a ajustes em campo conforme condições da via.

Controle Tecnológico, Aceitação e Critérios Operacionais

A aceitação dos serviços de sinalização horizontal e vertical ficará condicionada à verificação técnica dos parâmetros de qualidade, incluindo espessura aplicada, uniformidade geométrica, aderência ao substrato, refletividade, integridade superficial e

alinhamento longitudinal, devendo atender integralmente às especificações do projeto e às diretrizes do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (MBST), instituído pelo Conselho Nacional de Trânsito.

Qualquer trecho que apresente falha de aplicação, descontinuidade, deficiência de refletividade ou irregularidade geométrica deverá ser integralmente refeito às expensas da contratada, sem ônus adicional para a contratante.

O sistema de sinalização foi dimensionado para condições severas de operação, considerando a presença de tráfego agrícola pesado, circulação de veículos de grande porte, operação em período noturno, ocorrência de neblina, baixa iluminância natural e intervalos prolongados entre manutenções, devendo manter desempenho satisfatório nessas condições ao longo de sua vida útil.

Durante todas as etapas de execução, deverá ser implantado sistema de sinalização provisória de obras, garantindo o adequado isolamento da área de intervenção, a canalização do tráfego e a segurança de trabalhadores e usuários, sendo de responsabilidade exclusiva da executora a implantação, manutenção e remoção desse sistema, em conformidade com as normas vigentes do CONTRAN e recomendações do DNIT.

CONTROLE TECNOLÓGICO
LAUDOS E ENSAIOS DE CONTROLE TECNOLÓGICO DURANTE A EXECUÇÃO

Os ensaios de controle tecnológico constituem requisito obrigatório para aceitação dos serviços executados, sendo indispensável a apresentação dos respectivos laudos técnicos para fins de medição, conferência e liberação de pagamento das etapas da obra. Os custos relativos à realização desses serviços laboratoriais e de campo deverão estar integralmente contemplados nos preços unitários contratuais, não cabendo qualquer pagamento adicional por tais atividades. O controle tecnológico deverá ser executado por profissional legalmente habilitado, sob responsabilidade técnica formal, devendo todos os resultados analíticos ser apresentados em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, contendo obrigatoriamente relatório interpretativo denominado **Análise dos Resultados**, no qual deverá constar, de forma clara e objetiva, a conclusão técnica quanto ao atendimento ou não atendimento da amostra aos parâmetros de projeto e às especificações normativas.

Cada laudo emitido deverá apresentar, de maneira obrigatória:

- identificação completa da obra e do contratante;
- identificação do laboratório responsável;
- nome e registro profissional do responsável técnico;
- número da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) vinculada;
- identificação precisa do local de coleta (trecho, rua, estaca, camada ou etapa executiva);
- data de coleta e data de ensaio;
- metodologia empregada e norma técnica de referência;
- resultados obtidos;
- limites de aceitação de projeto;
- conclusão técnica.

Será admitida a vinculação dos ensaios a uma única ART global de controle

tecnológico, desde que essa abranja explicitamente todos os serviços e etapas executivas analisadas.

A ausência de laudos, apresentação incompleta, resultados inconclusivos ou não conformidades não justificadas tecnicamente implicará na não aceitação dos serviços correspondentes, podendo a fiscalização determinar a repetição dos ensaios, correção dos serviços ou reconstrução das camadas executadas, sem ônus adicional à contratante.

Requisitos Obrigatórios para Aprovação do BM
Para validação do Boletim de Medição:
- ART específica de Controle Tecnológico (CREA)
- Assinatura de responsável técnico habilitado
- Identificação das estacas/locais ensaiados
- Registro fotográfico das extrações
- Memória de cálculo dos resultados

É obrigatório, por determinação do Gestor do Programa, a apresentação de Laudo Técnico de Controle Tecnológico, e os respectivos resultados dos ensaios realizados em cada etapa dos serviços, conforme exigências normativas do DNIT, os quais deverão ser entregues a Prefeitura, juntamente com o último BM – Boletim de Medição e a cópia da ART do Laudo citado.

Loanda-PR, 29 abril de 2026.

ALINE DA SILVA SERRANO:09374214997
Assinado de forma digital por ALINE DA SILVA SERRANO:09374214997
Dados: 2026.06.02 22:37:39 -03'00'

ALINE DA SILVA SERRANO
Engenheira Civil
CREA-PR:194.404/D