

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E PARNAÍBA - CODEVASF

IMPLANTAÇÃO DA 1ª ETAPA DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA E DRENAGEM DA VIA DE LIGAÇÃO DO POVOADO FORQUILHA À SEDE DO MUNICÍPIO DE CANAPI, NO ESTADO DE ALAGOAS, ÁREA DE ATUAÇÃO DA 5ª SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DA CODEVASF

RELATÓRIO DE PROJETO

CANAPI - ALAGOAS

JUNHO/2026

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. INFORMAÇÕES INICIAIS.....	5
2.1. Localização e acesso ao local do projeto.....	5
2.2. Características do trecho.....	5
3. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO.....	6
3.1. Levantamento Topográfico.....	6
4. PROJETO GEOMÉTRICO.....	6
4.1. Características da estrada.....	6
4.2. Seção tipo do projeto.....	7
4.3. Interferências e Remanejamento de Cercas.....	7
4.4. Velocidade diretriz.....	8
4.5. Tabela de curvas.....	8
4.6. Greide de projeto.....	9
5. PROJETO DE DRENAGEM.....	9
5.1. Estudos hidrológicos.....	9
5.2. Bacias Hidrográficas.....	10
5.3. Método Utilizado.....	10
5.4. Dimensionamento de bueiros tubulares e celulares.....	10
5.5. Drenagem superficial.....	15
6. ESTUDO DE TRÁFEGO.....	16
6.1. Características do trecho.....	16
6.2. Classificação veicular.....	17
6.3. Métodos e cálculos.....	17
6.4. Cálculo do número N.....	19
7. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.....	19
7.1. Projeto de pavimentação - Metodologia e dados para cálculo.....	19
7.2. Número N – Estudo de Tráfego.....	19
7.3. Estudo Geotécnico Da Jazida.....	19
7.4. Estudo geotécnico do subleito.....	21
7.5. Calculo da espessura total do pavimento.....	22

7.6. Conclusão	26
8. Distância média de transportes – DMT.....	27
9. PROJETO DE SINALIZAÇÃO	27
9.1. Sinalização vertical	27
9.2. Sinalização horizontal	28
REFERÊNCIAS NORMATIVAS	29
ANEXO I – RESUMO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 937012	30
ANEXO II – QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS BUEIROS DE PROJETO.....	32

1. INTRODUÇÃO

A implantação do projeto de pavimentação e implantação de passagens molhadas no trecho que interliga a sede do município de Canapi ao povoado de Forquilha, em Alagoas consolida-se como uma obra de infraestrutura vital para o desenvolvimento socioeconômico regional. Atualmente, a via em leito natural impõe severas restrições à mobilidade, expondo a população ao isolamento e a riscos de acidentes devido ao excesso de poeira nos períodos de estiagem e à formação de atoleiros durante as quadras chuvosas. A pavimentação com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) — revestimento de alta resistência e durabilidade —, associada à readequação e modernização das duas passagens molhadas existentes, mitigará em definitivo os pontos críticos ao longo do trecho, assegurando a trafegabilidade contínua da via em qualquer época do ano.

Sob a ótica econômica, a conclusão da via proporcionará significativa otimização no escoamento da produção agrícola regional, reduzindo os tempos de viagem, o consumo de combustível e os custos operacionais relacionados à manutenção da frota de veículos e caminhões. Como consequência, haverá aumento da eficiência logística e ampliação da competitividade dos produtores locais e regionais. A implantação da rodovia também favorecerá a integração com o território do Estado de Pernambuco e com importantes cidades-polo da região, fortalecendo as relações comerciais, o fluxo de mercadorias e a dinâmica econômica intermunicipal.

Adicionalmente, a eliminação dos atuais gargalos logísticos contribuirá para a atração de novos investimentos comerciais, industriais e de serviços ao longo do eixo rodoviário, estimulando o desenvolvimento econômico e a geração de emprego e renda para as comunidades beneficiadas.

No âmbito social, o projeto representa um ganho expressivo na qualidade de vida da população usuária, proporcionando melhores condições de conforto, segurança, comodidade e dignidade nos deslocamentos diários. A melhoria da infraestrutura viária também facilitará o acesso rápido e seguro aos serviços essenciais de saúde, educação, segurança pública e demais atividades socioeconômicas, promovendo maior integração territorial entre as comunidades atendidas de forma definitiva e sustentável.

No que se refere à recuperação das estruturas das passagens molhadas existentes ao longo do percurso, as intervenções previstas proporcionarão maior segurança hidráulica e estrutural ao sistema viário, reduzindo os riscos de interrupções de tráfego e de alagamentos durante os períodos chuvosos. A adequação dessas estruturas torna-se necessária em razão da insuficiência da capacidade hidráulica atualmente existente, incompatível com as vazões de projeto verificadas nos estudos hidrológicos e hidráulicos desenvolvidos para a região. Com isso este relatório técnico apresenta a síntese do projeto de pavimentação e implantação de passagens molhadas no trecho que interliga a sede do município de Canapi ao povoado de Forquilha, em Alagoas. O documento detalha o desenvolvimento das disciplinas de projeto geométrico, pavimentação, drenagem, terraplenagem e sinalização, fundamentando os critérios técnicos e as tomadas de decisão que nortearam cada etapa da elaboração.

2. INFORMAÇÕES INICIAIS

2.1. Localização e acesso ao local do projeto

A localidade está no município de Canapi, na região do extremo oeste alagoano, o município possui uma área de 602,745 Km². Os municípios vizinhos são: Mata Grande, Itaíba (estado do Pernambuco), Ouro Branco, Maravilha e Inhapi.

Localizado a aproximadamente 240 km da capital, o acesso ao município de Canapi até o início da estrada que dá acesso a forquilha se dá a partir da capital Maceió, partindo por via terrestre pela rodovia Cap. Pedro Teixeira seguindo por 12 km até a BR-316 onde percorre-se 227,3 km, após isso indo a direita em direção à R Soniá Malta percorre-se 300 metros até a estrada de Canapi à Forquilha, onde finalmente chega no local que será o início do proposto projeto.

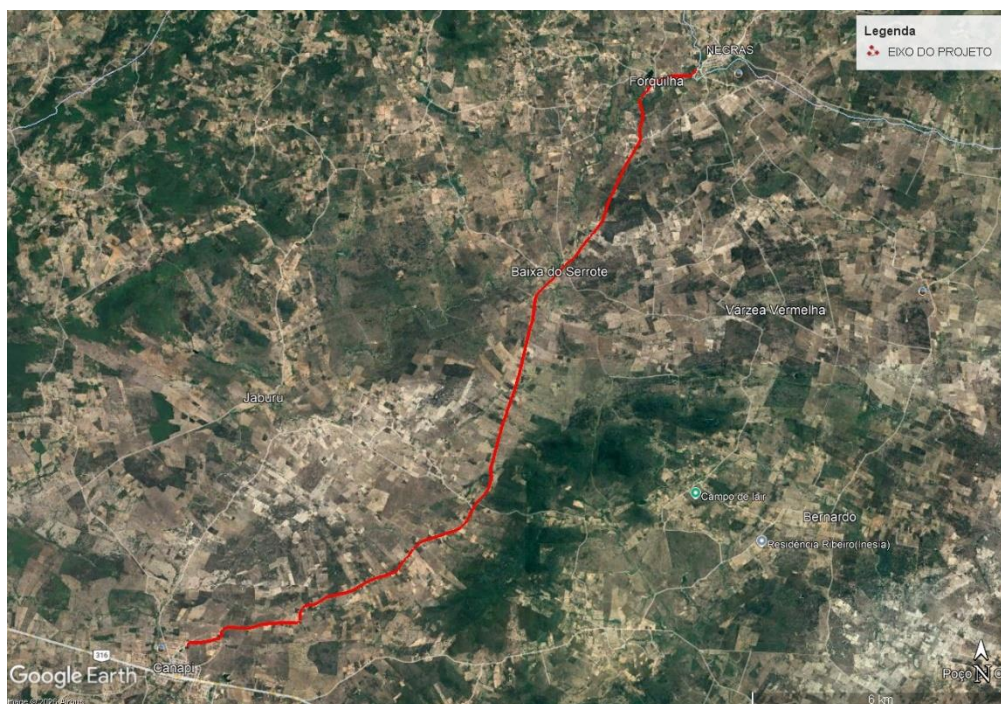


Figura 1 - Identificação do trecho completo proposto. (Fonte: JOTA BARROS, 2026)

No entanto, devido a disponibilidade orçamentária, foi delimitada uma 1ª etapa com as coordenadas e características descritas a diante, sendo a 1ª etapa o objeto da presente licitação.

2.2. Características do trecho

- Localização: Município de Canapi – AL
- Extensão do trecho completo: 20km
- Extensão do LOTE 01: 3,2KM
- Classe da via: Via Local que liga o município de Canapi, até o povoado de Forquilha.

- Condições atuais: Estrada vicinais, em leito natural.

3. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO

3.1. Levantamento Topográfico

Como etapa preliminar de reconhecimento de campo, foi realizado o levantamento topográfico de todo o trecho em estudo, constituindo-se como base fundamental para o diagnóstico e desenvolvimento das soluções de engenharia. O levantamento foi executado por meio de aerolevantamento com uso de veículo aéreo não tripulado (VANT/drone), abrangendo uma faixa de influência de aproximadamente 40 metros de largura ao longo do eixo projetado.

A partir dos dados obtidos, devidamente processados por técnicas de fotogrametria digital, foram gerados produtos como ortomosaico georreferenciado, modelo digital de superfície (MDS) e modelo digital de terreno (MDT), possibilitando elevada precisão planialtimétrica no mapeamento da área.

Esses produtos subsidiaram o cadastro técnico detalhado da situação existente, permitindo a identificação e localização precisa de elementos interferentes e condicionantes ao projeto, tais como cercas, postes, edificações lindeiras, dispositivos de drenagem existentes, áreas sujeitas a alagamentos e travessias hidráulicas. Além disso, o levantamento possibilitou a caracterização geométrica da via existente, a análise do perfil longitudinal e transversal, bem como a identificação das variações nos tipos de revestimento e condições do pavimento ao longo de todo o trecho.

4. PROJETO GEOMÉTRICO

Nome	Extensão (m)	Velocidade Diretriz (km/h)	Coordenadas de início	Coordenadas de fim
ESTRADA QUE LIGA CANAPI A FORQUILHA – LOTE 01	3.200,00	60 km/h	653757.448m E 8992554.599m S	654478.795m E 8993424.870m S

4.1. Características da estrada

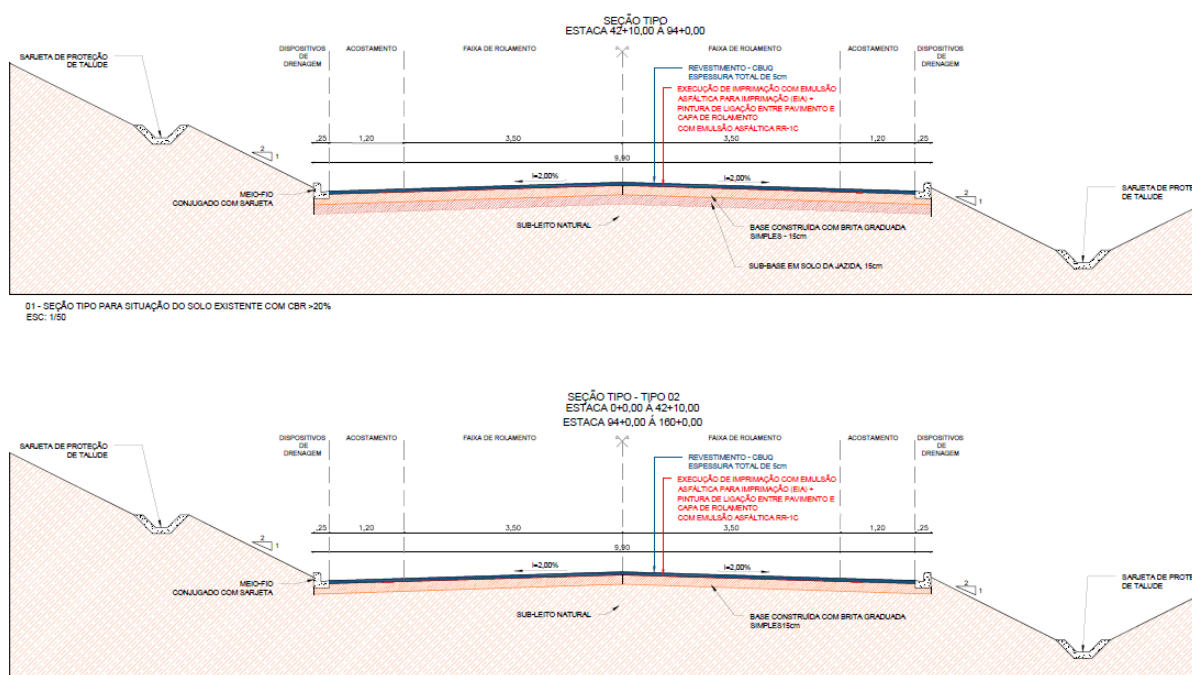
- Via simples
- Faixa de 3,50 m
- Acostamento de 1,20 m
- Dispositivos de drenagem 0,25 m
- Seção total da via: 9,90 m

O dimensionamento da via baseou-se no desempenho de rodovias regionais de alto tráfego, justificando uma estrutura geométrica reforçada devido à extensão e à demanda prevista. A partir do levantamento topográfico, o projeto geométrico buscou otimizar o traçado com curvas suaves e transições seguras,

evitando raios reduzidos. Em alguns locais, em que foi apresentado índices e resultados de estudos do subleito adequado, foi desconsiderado a execução de sub-base. Porém em regiões em que apresentou valores mais inadequados, foi executado a sub-base.

4.2. Seção tipo do projeto

Figura 2 – Seção tipo do projeto. (Fonte: JOTA BARROS, 2026)



4.3. Interferências e Remanejamento de Cercas

Durante a elaboração do eixo, houve um cuidado especial com a compatibilização de interferências, **desviando dos postes da rede elétrica**, quando possível. O remanejamento de cercas em obras de pavimentação deve ser executado sempre que a implantação da plataforma da via, dispositivos de drenagem, taludes ou faixas de domínio interferirem nas cercas existentes. Os serviços devem ser realizados em conformidade com as diretrizes do DNIT, observando-se os projetos executivos, os limites da faixa de domínio e as normas técnicas aplicáveis à construção rural e rodoviária. Antes da remoção, deve ser efetuado o levantamento e a locação da nova posição da cerca, garantindo a manutenção das divisas e das condições de segurança das propriedades lindeiras.

A execução compreende a desmontagem cuidadosa dos elementos existentes passíveis de reaproveitamento, a abertura e preparação dos novos alinhamentos, a implantação de mourões, esticadores e escoras, bem como a instalação e tensionamento dos fios de arame conforme o padrão definido em projeto. Os materiais reaproveitados devem apresentar condições adequadas de

utilização, sendo substituídos aqueles que apresentarem danos ou desgaste excessivo.

Após a conclusão dos serviços, a cerca deverá apresentar perfeito alinhamento, prumo e estabilidade estrutural, assegurando a mesma ou melhor funcionalidade da cerca original. A fiscalização deverá verificar o atendimento às especificações de projeto, a correta execução dos dispositivos de ancoragem e o restabelecimento integral do cercamento das propriedades afetadas pela obra.

4.4. Velocidade diretriz

A velocidade de diretriz estabelecida para o projeto é de 60 km/h adotada em função da extensão total do trecho (20 km) e das condições topográficas favoráveis, que permitem o desenvolvimento de uma geometria suave e garantem a eficiência no deslocamento entre as localidades. Contudo, em segmentos específicos caracterizados como zonas de conflito ou com presença de polos geradores de tráfego — tais como escolas e templos religiosos —, a velocidade de projeto foi reduzida para 40 km/h. Essa moderação é uma medida de segurança viária indispensável para a proteção de pedestres e usuários vulneráveis nessas áreas urbanizadas.

4.5. Tabela de curvas

TABELA DE CURVAS: ESTRADA QUE LIGA CANAPI À FORQUILHA					
CURVA	RAIO	L (m)	AZIMUTE CORDA	INÍCIO	FIM
C1	61.33	43.49	N76 46' 43.24"E	(653826.37,8992600.31)	(653867.82,8992610.05)
C2	436.33	104.51	S89 46' 10.56"E	(653909.27,8992604.89)	(654013.52,8992604.47)
C3	1011.00	42.43	N82 09' 59.29"E	(654086.11,8992612.91)	(654128.14,8992618.69)
C4	554.39	24.95	N82 15' 13.00"E	(654170.79,8992625.47)	(654195.52,8992628.84)
C5	107.66	35.81	N74 00' 46.95"E	(654279.89,8992638.39)	(654314.16,8992648.20)
C6	170.59	52.86	N73 21' 38.41"E	(654351.14,8992665.86)	(654401.59,8992680.93)
C7	42.07	53.64	N45 42' 25.85"E	(654504.06,8992694.90)	(654539.91,8992729.87)
C8	80.05	79.63	N37 40' 36.18"E	(654560.05,8992854.56)	(654606.74,8992915.02)
C9	130.28	60.99	N79 35' 19.51"E	(654671.60,8992943.66)	(654731.04,8992954.58)
C10	153.29	32.10	N87 00' 00.67"E	(655140.56,8992933.11)	(655172.57,8992934.79)
C11	310.30	63.91	N75 05' 58.99"E	(655261.28,8992948.84)	(655322.93,8992965.25)
C12	284.45	61.15	N75 21' 27.13"E	(655409.33,8992998.07)	(655468.38,8993013.50)
C13	564.44	56.66	N84 23' 30.77"E	(655547.79,8993025.34)	(655604.16,8993030.88)
C14	1298.26	75.64	N85 35' 55.88"E	(655693.70,8993035.15)	(655769.10,8993040.95)
C15	183.06	30.26	N88 39' 57.51"E	(655982.03,8993063.60)	(656012.25,8993064.30)

C16	49.39	55.89	N60 58' 59.25"E	(656299.59,8993047.22)	(656345.90,8993072.91)
C17	120.08	37.96	N37 37' 13.63"E	(656346.22,8993073.49)	(656369.29,8993103.43)
C18	30.39	23.99	N24 03' 40.84"E	(656374.13,8993107.99)	(656383.66,8993129.34)
C19	115.60	30.00	N8 52' 47.52"E	(656386.84,8993255.35)	(656391.46,8993284.91)
C20	81.03	20.66	N23 37' 11.18"E	(656407.73,8993340.51)	(656415.99,8993359.39)
C21	100.70	45.30	N43 48' 46.89"E	(656428.43,8993380.16)	(656459.53,8993412.57)
C22	79.70	38.61	N70 34' 37.72"E	(656499.56,8993438.87)	(656535.62,8993451.58)
C23	191.63	73.34	N73 29' 24.75"E	(656664.52,8993464.10)	(656734.41,8993484.81)
C24	488.47	43.51	N59 58' 27.90"E	(656825.50,8993532.18)	(656863.17,8993553.95)

4.6. Greide de projeto

O traçado vence um desnível total aproximado de 88 metros entre o início e o fim da diretriz, partindo de uma região mais baixa e ascendendo de forma gradual, porém oscilante, acompanhando o perfil ondulado do terreno. Ao longo dos 20 km, a via atinge picos de elevação que ultrapassam a cota de 440 metros, exigindo um planejamento rigoroso para manter a continuidade do fluxo.

As inclinações (gradientes) foram projetadas seguindo critérios de desempenho para veículos pesados e drenagem eficiente:

- **Aclives Acentuados:** Em pontos de transição de relevo, o projeto utiliza rampas que superam os **10% de inclinação**, necessárias para superar obstáculos geográficos naturais sem a necessidade de cortes excessivos no solo.
- **Trechos de Patamar:** Intercalando as subidas, existem segmentos com inclinações mínimas (próximas de 0%), fundamentais para o descanso dos motores em subidas longas e para garantir que o escoamento da água da chuva não cause erosão na pista.

5. PROJETO DE DRENAGEM

5.1. Estudos hidrológicos

A elaboração de um estudo hidrológico para o presente projeto requer a definição precisa das vazões de contribuição para o dimensionamento adequado dos dispositivos empregados.

Abaixo, apresento a estrutura técnica do estudo hidrológico, alinhada às diretrizes do DNIT, seguida das formulações matemáticas essenciais.

5.2. Bacias Hidrográficas

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada a partir do processamento de dados geoespaciais e Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos junto a bases de dados do INPE (TOPODATA) e plataformas de sensoriamento remoto. Através da integração de ferramentas de Geoprocessamento (QGIS) e modelagem em BIM (AutoCAD Civil 3D), foi possível determinar com precisão as áreas de contribuição e os parâmetros morfométricos necessários para o dimensionamento hidráulico dos bueiros e demais obras de arte correntes.

5.3. Método Utilizado

A adoção do Método Racional para o dimensionamento das bacias de contribuição deste projeto justifica-se por sua consolidada aceitação técnica e eficácia na estimativa de vazões de pico em microbacias hidrográficas. Este método é o modelo padrão para áreas de contribuição limitadas — aplicadas neste estudo a bacias de até 10 km² — onde a correlação direta entre a intensidade da precipitação, o coeficiente de escoamento superficial e a área permite um dimensionamento preciso dos bueiros. Sua utilização assegura que as estruturas de drenagem transversal sejam projetadas para suportar os volumes críticos definidos para os períodos de retorno de 15 e 25 anos, garantindo a segurança operacional e a durabilidade do corpo estradal.

Delimitação e caracterização da bacia consistem na identificação da área de contribuição para cada bueiro, expressa em km². Além da área, determina-se a Linha de Fundo, que é o comprimento do talvegue principal desde o ponto mais remoto até o local da obra.

5.4. Dimensionamento de bueiros tubulares e celulares

• Determinação do Desnível e Cotas

Utilizam-se os dados topográficos para identificar a Cota de Montante e a Cota do Exutório. A diferença entre esses valores define a variação de altura, parâmetro essencial para calcular a declividade média do curso d'água.

• Cálculo do Tempo de Concentração

O tempo de concentração representa o tempo necessário para que toda a bacia passe a contribuir para o fluxo no exutório.

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

Fórmula de Kirpich:

- Tc: Tempo de concentração (minutos)
- L: Comprimento da linha de fundo ou talvegue principal (km).
- ΔH: Desnível máximo da bacia, ou seja, a diferença entre a cota de montante e a cota exultória (m).

* para bacias muito pequenas, adota-se o valor normativo mínimo de **5,00 minutos**.

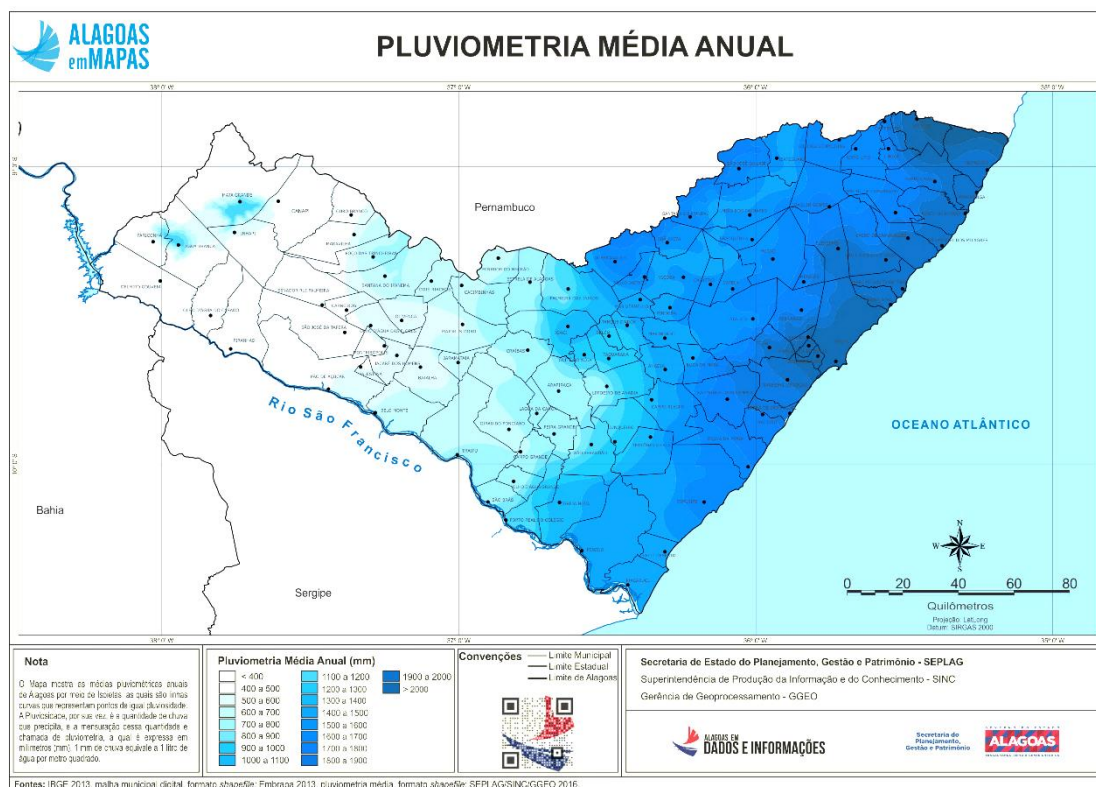
• Definição da Intensidade Pluviométrica

A caracterização do regime pluviométrico da área de estudo constitui uma etapa fundamental para o desenvolvimento das análises hidrológicas e para o adequado dimensionamento das obras de drenagem. Nesse contexto, a Figura a seguir apresenta a distribuição espacial da precipitação média anual no Estado de Alagoas, evidenciando as variações climáticas existentes entre as diferentes regiões do território.

Observa-se um gradiente pluviométrico bem definido, com maiores índices de precipitação concentrados na faixa litorânea e na região da Zona da Mata, enquanto os menores volumes pluviométricos ocorrem nas áreas do Sertão, onde está localizado o projeto, situado no interior do estado. Essas diferenças refletem a influência de fatores climáticos, topográficos e da proximidade com o Oceano Atlântico, condicionando diretamente os processos de geração de escoamento superficial, infiltração e recarga hídrica.

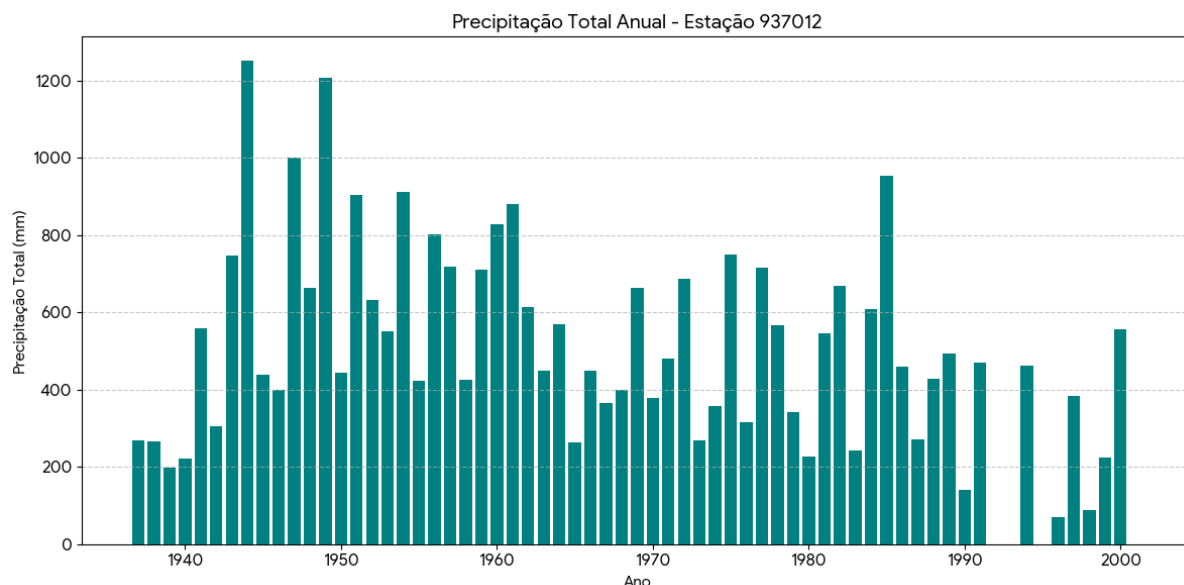
As informações apresentadas servem como referência para a compreensão do comportamento hidrológico regional e para a definição dos parâmetros adotados neste estudo, contribuindo para a estimativa das vazões de projeto e para a concepção de soluções de drenagem compatíveis com as características climáticas da área analisada. A base cartográfica utilizada foi disponibilizada pela Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio de Alagoas (SEPLAG/AL), por meio da plataforma Alagoas em Mapas.

Figura 3 – Média de precipitação anual. (Fonte: SEMARH, 2013)



Com base nos dados brutos obtidos junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), referentes à estação pluviométrica Capia da Igrejinha (cód. 937012), identificada como a estação mais próxima da área do projeto conforme a base de dados da ANA, foi possível realizar análises estatísticas e pluviométricas relevantes para o estudo hidrológico.

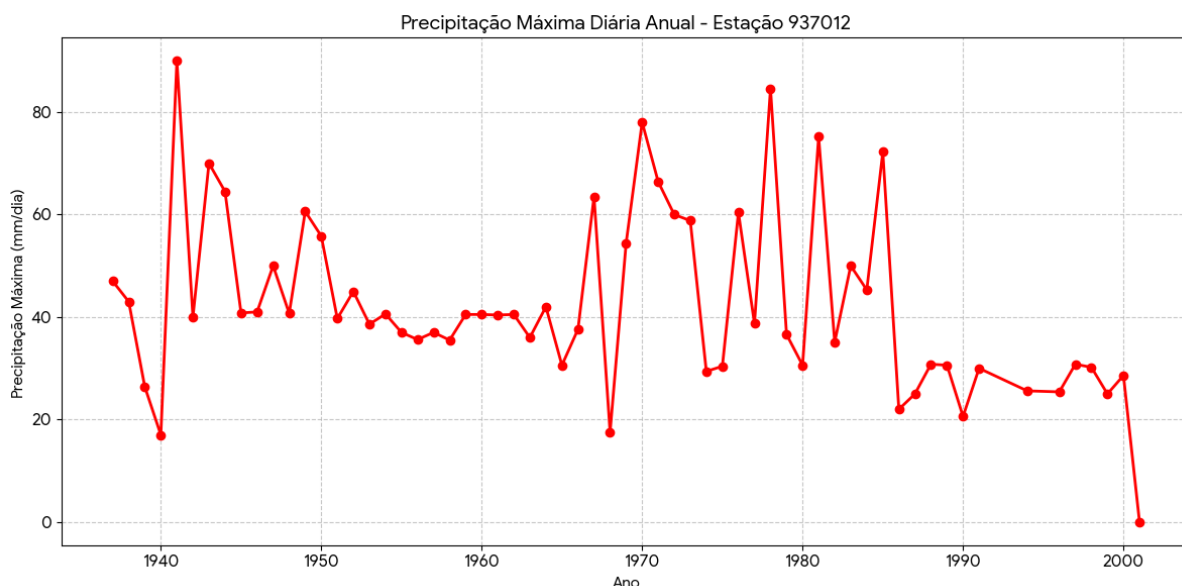
Os dados analisados compreendem registros históricos entre os anos de 1937 e 2000, constituindo uma série temporal suficientemente representativa para subsidiar as avaliações hidrológicas necessárias. O resumo das informações obtidas encontra-se apresentado no Anexo I deste relatório



A precipitação média anual observada é de 543,3mm, onde é possível observar que essa precipitação se concentra entre os meses de março e julho, com uma seca mais acentuada no período de setembro e dezembro, sendo outubro o mês mais seco com média de apenas 6,2mm.

• Cálculo da Chuva de Projeto

Para calcular a chuva de projeto associada a um Tempo de Retorno (TR) de 15 anos, foi utilizada a série de precipitações máximas diárias anuais extraídas da estação mencionada anteriormente. Abaixo é ilustrado um gráfico com essas precipitações máximas diárias médias anuais.



Aplicando a Distribuição Estatística de Gumbel, calculamos a intensidade da chuva de projeto obtemos o valor de 70,66 mm/dia, conforme demonstrado a seguir.

$$X_T = X + K_T \times S_X$$

Onde, X é a média das chuvas máximas históricas (42,88mm) e S_X é o desvio padrão das máximas (17,42mm). K_T é o fator de frequência de Gumbel, com o valor de 1,63.

• Cálculo IDF (Intensidade-Duração-Frequência)

A determinação da equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) para a bacia em estudo foi realizada a partir dos dados pluviométricos históricos da estação 937012 (Agência Nacional de Águas), compreendendo uma série de 65 anos de registros. O processo metodológico seguiu as etapas consagradas na literatura hidrológica brasileira, detalhadas a seguir:

Seleção da Série de Máximas Anuais: A partir dos dados brutos diários, filtrou-se a série histórica para extrair apenas a Precipitação Máxima Diária ocorrida em cada ano civil. Este procedimento resulta em uma amostra de eventos extremos independentes, condição fundamental para a análise de frequências.

Análise de Frequência e Distribuição Estatística: Para associar as chuvas extremas a diferentes probabilidades de ocorrência (Tempos de Retorno - TR), aplicou-se a Distribuição Estatística de Gumbel (Valores Extremos Tipo I). Foram calculados a média e o desvio padrão da série de máximas para determinar o Fator de Frequência de Gumbel (K_T) correspondente aos tempos de retorno adotados no projeto (ex: 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos), obtendo-se assim a chuva de projeto de 1 dia.

Conversão de Chuva de 1 Dia para Chuva de 24 Horas: Como os dados de origem são provenientes de um pluviômetro de leitura diária (geralmente realizada às 07h00), a chuva registrada não corresponde necessariamente ao evento máximo de 24 horas contínuas. Para corrigir esta subestimativa, aplicou-se o coeficiente de conversão

clássico, multiplicando os valores de chuva de 1 dia por 1,14 para obter a precipitação real de 24 horas.

Desagregação das Chuvas: Visto que a estação não possui registros de pluviógrafo (que medem a chuva minuto a minuto), adotou-se o método das relações de durações do DAEE/CETESB (Método de Pfafstetter). A chuva de 24 horas foi desagregada em durações menores, pertinentes aos tempos de concentração de pequenas e médias bacias urbanas e rodoviárias. Foram aplicados os coeficientes tabelados para obter as lâminas precipitadas para durações de 12h, 6h, 2h, 1h, 30 min, 15 min, 10 min e 5 min.

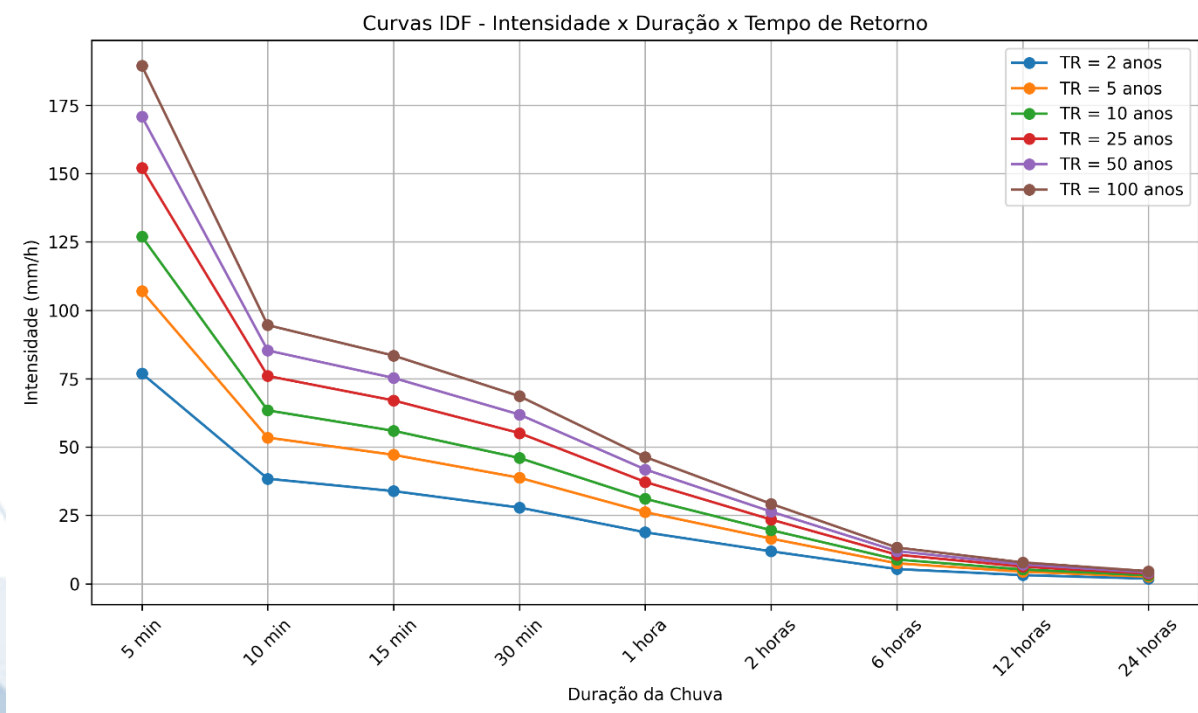
Cálculo das Intensidades

As lâminas de precipitação (h) calculadas na etapa anterior, dadas em milímetros (mm), foram divididas por suas respectivas durações (t) convertidas em horas, resultando na Intensidade Média (I) da chuva em mm/h para cada combinação de Duração e Tempo de Retorno.

Com a matriz de intensidades, durações e tempos de retorno definida, procedeu-se à modelagem matemática para encontrar a equação geral da IDF no formato padrão. A intensidade da chuva é obtida através da equação IDF (Intensidade-Duração-Frequência) específica para a região abaixo especificado.

$$I = \frac{197,23 \times Tr^{0,2044}}{(tc)^{0,6261}}$$

Em resumo, é apresentado a curva IDF para os diferentes Tempos de Recorrência calculados.



- **Coeficiente de Escoamento Superficial (Runoff)**

O coeficiente é definido com base na permeabilidade do solo, cobertura vegetal e declividade da bacia. Ele representa a fração da chuva que efetivamente se transforma em enxurrada e chega ao bueiro. Valor adotado no projeto: 0,10

- **Cálculo da Vazão de Projeto**

Por fim, aplica-se a Fórmula Racional para determinar a vazão de pico que a estrutura deverá suportar. Conforme fórmula de cálculo apresentado a seguir.

$$Q = \frac{CxIxA}{3,6}$$

No anexo está apresentado o resumo dos cálculos e dimensionamento dos bueiros utilizados no projeto.

5.5. Drenagem superficial

A drenagem superficial é um dos pilares fundamentais para a durabilidade e segurança de uma rodovia, pois sua função principal é gerir o escoamento superficial e proteger a integridade do corpo estradal. O controle eficiente das águas pluviais impede a infiltração de umidade nas camadas de base e sub-base, evitando a perda de capacidade de suporte do solo e o surgimento precoce de patologias no pavimento.

Para garantir essa funcionalidade, o projeto prevê a inclusão estratégica de **meios-fios, sarjetas, sarjetas de proteção de corte e aterro, descidas d'água e dissipadores**. Esses dispositivos atuam em conjunto para captar e conduzir o fluxo de água para longe do leito estradal. Enquanto o meio-fio serve como barreira e guia, a sarjeta funciona como o canal de transporte longitudinal que direciona a água até os pontos de descarte seguro, como descidas d'água ou bueiros.

A eficiência desse sistema depende diretamente das declividades estabelecidas:

- **Inclinação Transversal (2%):** Aplicada através do abaulamento da pista, esta inclinação é responsável por expulsar a água do centro da via em direção às bordas, garantindo que a superfície de rolamento permaneça seca.
- **Inclinação Longitudinal:** Este parâmetro é crucial para manter a continuidade do fluxo nas sarjetas. Uma declividade longitudinal assegura que a água tenha energia suficiente para escoar, evitando o **empocamento** — fenômeno que, além de danificar a estrutura por saturação, oferece sérios riscos de aquaplanagem aos usuários da via.
- **Meio-fio e Sarjeta conjugados:** Diferente dos modelos independentes, este projeto adota a execução de meio-fio e sarjeta como elementos conjugados. Esta solução otimiza a aquisição, transporte e manutenção pontual de trechos específicos e permite uma melhor acomodação das movimentações de dilatação térmica entre os dispositivos. As características e dimensões técnicas estão apresentadas no projeto.

5.5.1. Cálculo das sarjetas

Para cálculo das sarjetas, foi utilizado a fórmula de manning, considerando que a largura total da sarjeta: 60cm, largura inferior: 20cm, profundidade do centro: 20cm, profundidade junto ao bordo: 10cm e uma declividade longitudinal de 1%. Como a

sarjeta é construída de concreto, foi adotado o valor de coeficiente de manning em 0,015. Com essas dimensões, é calculado Área no valor de 0,08m², o perímetro molhado de 0,766, o raio hidráulico no valor de 0,104m e considerando o coeficiente C=0,90.

$$Q = \frac{1}{0,015} \times 0,08 \times 0,104^{2/3} \times 0,01^{1/2} = 0,118 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para o comprimento crítico, considerando uma largura de contribuição média de 3,0 metros e o valor da intensidade da chuva calculada para a região de 139,02mm/h, por ser maior intensidade calculada nas bacias de contribuição.

$$L = \frac{Q_{adm}}{C \times i \times B} = \frac{0,118}{0,90 \times 0,00003862 \times 3} = \frac{0,118}{0,00010427} = 1132 \text{ metros}$$

No projeto, as sarjetas não atingem o comprimento crítico pois é aproveitado pontos estratégicos para o descarregamento da carga d'água adiantada.

6. ESTUDO DE TRÁFEGO

O presente estudo visa definir as características atuais da malha viária, fundamentando-se nos aspectos levantados em campo e nas contagens classificatórias realizadas "in loco". Esta etapa diagnóstica é crucial para compreender o comportamento do fluxo de veículos e as particularidades da demanda local, permitindo o estabelecimento de diretrizes técnicas sólidas para o dimensionamento adequado da nova via. Busca-se projetar uma estrutura de pavimento que apresente resiliência mecânica e durabilidade compatíveis com as solicitações previstas.

Além do aspecto estrutural, a análise contempla a evolução demográfica e o desenvolvimento socioeconômico do entorno, garantindo que a geometria e a capacidade de fluxo da via possam absorver o crescimento orgânico do tráfego. O objetivo final é assegurar que a infraestrutura proposta não apenas supra as necessidades imediatas, mas que também ofereça níveis de serviço satisfatórios e segurança viária para as demandas futuras da região. Dessa forma, o projeto se consolida como uma solução de engenharia eficiente, mitigando gargalos logísticos e otimizando os custos de manutenção ao longo de todo o seu período de vida útil.

6.1. Características do trecho

- Local: Canapi à Forquilha
 - Município: Alagoas – AL
 - Coordenadas de início: Longitude = 653995,20 Latitude = 8992604,11
 - Coordenadas de fim: Longitude = 665651,08 Latitude = 9005783,30
- Tipo de via: Rodovia de pista simples

Ao longo do trecho vale destacar que são vistas escolas, igrejas e sede da prefeitura, esses pontos são considerados como gargalos do tráfego pois no projeto de sinalização serão considerados trechos de menores velocidades e dispositivos que priorizarão o pedestre.

6.2. Classificação veicular

CONTAGEM DE VEÍCULOS								
Data	Horário		VP	CO	Ônibus	Caminhões	M	Total
10/02/2026	08:40	09:01	1	1	0	0	12	14
11/02/2026	12:33	12:47	3	1	1	0	8	13

- VP: Veículos de passeio, carros pequenos e utilitários pequenos
- CO: Comerciais leves, vans e caminhonetes
- M: Motocicletas

6.3. Métodos e cálculos

Com os dados das contagens dos veículos citados acima foi possível estimar os índices dos veículos que por ventura farão parte da concepção dessa via quando projetada a versão final, essa estimativa considera um avanço na malha de veículos juntamente com o desenvolvimento socioeconômico da região.

Sendo assim o primeiro passo foi converter os valores coletados nas datas e horários citados na tabela anterior. Isso porque o dimensionamento de uma estrada necessita do Volume Médio Diário (VMD). Esse parâmetro é baseado em dias como o próprio nome sugere, com isso os valores foram convertidos primeiramente em horas e depois por dia.

Expansão dos valores levantados para obtenção da estimativa de volume por hora										
Data	Horário		Minutos	hora	VP	CO	Ônibus	Caminhões	M	Total
10/02/2026	08:40	09:01	00:21	01:00:00	3	3	0	0	34	40
11/02/2026	12:33	12:47	00:14	01:00:00	13	4	4	0	34	56
									Total	96

Expansão dos valores levantados para obtenção da estimativa de volume por dia			
Data	Total p/ hora	Dia (Horas)	Total p/ dia
10/02/2026	40	24	960
11/02/2026	56	24	1337
		Total	2297
		VMD	1149

O VMD foi obtido através da média dos valores expandidos por dia (960,1337) resultando em 1149 veículos totais passando por essa estrada atualmente. Com base nisso e estabelecendo uma vida útil do projeto que será de 15 anos, conforme

recomenda manual de estudos de tráfego do DNIT, conseguimos partir para o próximo passo que será a projeção do tráfego futuro com esse projeto executado.

Essa projeção é feita por causa da notoriedade que a estrada nova causa numa região conforme é Canapi, os motoristas darão prioridade para passar por essa

$$VMD_n = VMD_0 \cdot (1 + t)^n$$

estrada, e também leva em consideração que a região tende a se desenvolver por causa da facilidade de acessos no local, essa estimativa foi feita através da fórmula para medir essa projeção de tráfego:

VMD_n: Resulta no número totais de veículos que a estrada deverá suportar no seu último ano de vida útil (resultado: 1546 veículos por dia)

VMD₀: VMD calculado anteriormente (1149 veículos)

t: Taxa de crescimento da região, utilizado foi de 2% como recomenda o Dnit para casos de estradas destinadas a áreas em desenvolvimento como Canapi

n: o valor da vida útil que será projetada a estrada, no caso 15 anos

Isso foi calculado para ter uma referência dos valores cheios considerando todos os veículos que passarão na estrada no período de 15 anos. Porém para o dimensionamento real de uma estrada, é necessário considerar apenas os veículos de grande porte, pois seu impacto é muito mais relevante no pavimento quando comparado a um veículo de passeio, por essa razão o cálculo do volume acumulado seguiu considerando o percentual dos veículos grandes e o cálculo seguiu assim:

Volume acumulado dos caminhões			
Total de ônibus	H/Dia	Total	VMDc
4	24	96	48

$$: V_{acc} = 365 \cdot VMD_0 \cdot \frac{(1+t)^n - 1}{t}$$

Com a expansão dos valores totalizou 96 veículos de grande porte passando pela estrada atual, no qual sua média resultou em 48 veículos. E com isso foi calculado do Vacc (Volume acumulado dos veículos pesados) utilizando a fórmula:

Considerando a mesma taxa de crescimento do cálculo anterior de 2%, com 15 anos de vida útil de projeto o resultado do Vacc foi 302.980,66 veículos pesados que passarão pela estrada por ano.

Com isso é possível estabelecer o número N para o dimensionamento das camadas de pavimento que são necessárias para suportar o tráfego de acordo com esse dado.

6.4. Cálculo do número N

$$N = V_{acc} \cdot FV \cdot FR$$

Através dessa fórmula é possível ter a referência do número N, que designa o número de eixos padrões de **8,2 toneladas** que a via deve suportar ao longo de sua vida útil. Para efetuar o cálculo foi estabelecido o FV (Fator de veículos) de **2,0** (Padrão para veículos pesados padrão DNIT) e **0,5** o FR (Fator de redução, considerando pista simples, onde 50% do tráfego vai em cada sentido).

Com isso o N baseado na coleta feita em campo resulta em

$$N = 302.980,66 \cdot 2 \cdot 0,5 = \mathbf{3,03 \times 10^5}$$

7. PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO

7.1. Projeto de pavimentação - Metodologia e dados para cálculo

O dimensionamento foi realizado com base no Manual de Pavimentação do DNIT (2006). A metodologia fundamenta-se na proteção das camadas inferiores (subleito e sub-base) através da espessura total do pavimento (H), determinada em função do Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC) e do Número equivalente de operações de um eixo padrão (N).

7.2. Número N – Estudo de Tráfego

Conforme o Estudo de Tráfego, presente nos itens anteriores do presente relatório de projeto, foi calculado que o número N, obtido conforme cálculos e coleta feita em campo, é apresentado com o valor de $3,03 \times 10^5$.

7.3. Estudo Geotécnico Da Jazida

Foram identificadas duas jazidas de aquisição de materiais, porém apenas uma possui o registro legal para uso. A análise geotécnica na jazida legalizada investigada (Amostra 39), localizada no Sítio Castinho, indica que o material é composto por argilas inorgânicas de baixa a média plasticidade, com presença de areia e pedregulho, sendo classificado como SC pelo sistema SUCS e A-4 pelo TRB, caracterizando um solo de comportamento predominantemente fino e de baixa qualidade para uso em pavimentação sem tratamento prévio.

Do ponto de vista granulométrico, o material apresenta elevado teor de finos (42,74%), associado a uma fração de pedregulho de 21,40% e areia total em torno de

35%, evidenciando uma composição heterogênea, porém com predominância de partículas finas que governam o comportamento mecânico. Essa condição implica baixa permeabilidade e elevada sensibilidade à umidade, fatores que comprometem o desempenho estrutural quando o material é submetido a carregamentos.

Os limites de consistência ($LL = 24,84\%$, $LP = 15,63\%$ e $IP = 9,21\%$) indicam um solo de baixa plasticidade, pouco compressível e com reduzido potencial de expansão ($0,85\%$), o que, isoladamente, representa um aspecto favorável. No entanto, esses parâmetros não são suficientes para compensar a baixa resistência mecânica observada.

Os ensaios de compactação (Proctor Normal) resultaram em densidade seca máxima de $1,783 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima de aproximadamente $13,3\%$, demonstrando que o material possui comportamento razoável de compactação, desde que executado com adequado controle tecnológico.

Entretanto, o principal fator limitante é o Índice de Suporte Califórnia (CBR) de $5,3\%$, valor considerado muito baixo para aplicação em camadas estruturais de pavimentos, inviabilizando seu uso direto como material de base ou sub-base. Adicionalmente, o material encontra-se fora das faixas granulométricas recomendadas, reforçando sua inadequação para emprego direto em estruturas de pavimentação.

Já os resultados observados na segunda jazida, da qual não está regularizada, indicam que o solo da jazida apresenta características geotécnicas favoráveis para utilização em camada de sub-base de pavimento asfáltico. A análise granulométrica demonstra predominância de material granular, com boa distribuição entre areia e pedregulho e baixo teor de finos, proporcionando adequado intertravamento dos grãos e favorecendo o desempenho estrutural da camada.

No ensaio de compactação, o material apresentou densidade seca máxima de aproximadamente $2,014 \text{ g/cm}^3$ e umidade ótima de $7,3\%$, evidenciando boa capacidade de adensamento e facilidade de execução em campo. Já o ensaio de CBR apresentou valor de $61,7\%$, associado à expansão nula ($0,0\%$), demonstrando elevada capacidade de suporte e excelente estabilidade volumétrica, mesmo na presença de umidade.

De modo geral, os resultados obtidos confirmam que o material possui excelente potencial para aplicação em sub-base de pavimentos flexíveis, atendendo aos requisitos técnicos normalmente exigidos para obras de pavimentação. Recomenda-se apenas a manutenção de adequado controle tecnológico durante a execução, especialmente quanto à umidade, compactação e homogeneização do material em campo.

Diante disso, conclui-se que a primeira jazida não apresenta condições técnicas para utilização direta em camadas estruturais, sendo necessária a adoção de processos de estabilização granulométrica (com adição de material granular) para viabilizar seu aproveitamento. Alternativamente, o material pode ser empregado em camadas de menor responsabilidade estrutural, como regularização de subleito ou aterros.

Em síntese, trata-se de um material com potencial de uso condicionado, cujo aproveitamento depende diretamente de intervenções de melhoria que elevem sua capacidade de suporte e adequem sua granulometria às exigências normativas de pavimentação.

Dessa forma, optou-se pela adoção da segunda jazida com estabilização granulométrica mediante adição de brita, na proporção aproximada de 70% de solo da jazida e 30% de material britado, visando melhorar a distribuição granulométrica, elevar a capacidade de suporte e adequar o material às exigências normativas do DNIT para utilização em camada estrutural de base, sendo utilizada para o material da sub base.

7.4. Estudo geotécnico do subleito

A caracterização geotécnica do subleito foi realizada com base em ensaios de campo e laboratório, incluindo sondagens, coleta de amostras, ensaios de caracterização (granulometria, limites de Atterberg), ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR).

A análise geotécnica do subleito, conforme as amostras coletadas no trecho entre Canapi/Sede e Vila Forquilha, indica que o material em todo o trecho é constituído predominantemente por argila arenosa e argila siltosa, classificado como SC pelo sistema SUCS e A-6 pelo TRB, caracterizando um solo de comportamento regular a moderadamente favorável para uso como subleito rodoviário.

Do ponto de vista granulométrico, o solo apresenta elevado teor de finos, o que evidencia uma matriz predominantemente coesiva, com baixa permeabilidade e elevada sensibilidade à variação de umidade. Apesar da presença de pedregulho, a fração fina domina o comportamento mecânico do material, podendo resultar em perda significativa de resistência quando saturado.

Os limites de consistência indicam um solo de plasticidade média, pouco expansivo e com compressibilidade moderada. A baixa expansão observada é um aspecto positivo, reduzindo o risco de patologias associadas a variações volumétricas, como trincamentos e empolamentos do pavimento.

Os ensaios de compactação (Proctor Intermediário) apontam uma densidade seca máxima e uma umidade ótima indicam boa capacidade de densificação, desde que haja controle rigoroso das condições de umidade durante a execução. Ressalta-se que a baixa umidade ótima exige atenção em campo, uma vez que variações podem comprometer significativamente o desempenho do subleito.

O Índice de Suporte Califórnia (CBR) obtido, classifica o subleito como de capacidade de suporte média, adequado para utilização em projetos de pavimentação, desde que corretamente considerado no dimensionamento estrutural. No entanto, esse valor não permite soluções excessivamente econômicas, sendo necessária a adoção de camadas estruturais com espessuras compatíveis com o nível de suporte identificado.

Dessa forma, conclui-se que o subleito existente é tecnicamente aproveitável, não sendo necessária sua substituição integral. Contudo, o seu desempenho está diretamente condicionado à adoção de medidas adequadas de projeto e execução, destacando-se a implantação de um sistema de drenagem eficiente, o controle rigoroso da compactação e o dimensionamento adequado das camadas de pavimento, especialmente base e eventual sub-base.

Em síntese, trata-se de um subleito com comportamento típico de solos argilosos, que, embora apresente limitações, pode ser satisfatoriamente incorporado ao projeto de pavimentação, desde que sejam observadas as boas práticas de engenharia geotécnica e rodoviária.

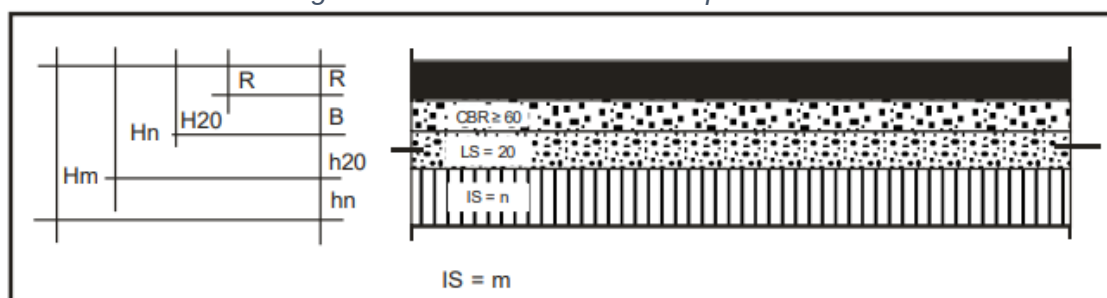
Para fins de dimensionamento, adotou-se os valores de CBR característico do subleito nos 5 furos que fazem influencia ao trecho:

Nº DO FURO	EXPANSÃO	CBR	GRAU COMPACTAÇÃO
1,00	0,58	28,02	100,05
2,00	1,09	5,86	100,12
3,00	1,09	5,86	100,12
4,00	0,71	29,04	100,02
5,00	0,35	28,12	100,13

7.5. Calculo da espessura total do pavimento

Abaixo é apresentado o diagrama clássico do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), atualmente incorporado pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) no Brasil. Ela é amplamente utilizada em manuais técnicos, livros de engenharia civil e materiais acadêmicos para ilustrar o método de Murillo Lopes de Souza.

Figura 4 - Dimensionamento do pavimento



Para os cálculos dos valores referencias de espessuras H, será utilizado a seguinte fórmula.

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

Dessa fórmula, é obtido que os valores:

$$H_{20} = 23,79\text{cm}$$

$$H_n = H_{28,02} = 20,5\text{cm}$$

$$H_m = H_{28,02} = 20,5\text{cm}$$

$$H_n = H_{5,86} = 51,6\text{cm}$$

$$H_m = H_{5,86} = 51,6\text{cm}$$

$$H_n = H_{29,04} = 20,1\text{cm}$$

$$H_m = H_{29,04} = 20,1\text{cm}$$

$$H_n = H_{28,12} = 20,4\text{cm}$$

$$H_m = H_{28,12} = 20,4\text{cm}$$

R = 5 cm

Com base no número N encontrado nos cálculos do estudo de tráfego, é determinado a espessura mínima do revestimento através da tabela a seguir, presente no Manual de Pavimentação. Por o valor do N ser $3,03 \times 10^5$, pode ser considerado como estrutura mínima um tratamento superficial betuminoso.

Figura 5 - Espessura mínima de revestimento betuminoso

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

Para um tráfego correspondente a $N = 3,03 \times 10^5$ ($N \leq 10^6$), o manual do DNIT admite a utilização de revestimentos em Tratamento Superficial (TS) ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Contudo, visando maior integridade estrutural, durabilidade e melhor desempenho funcional do pavimento, adotou-se o revestimento em CBUQ com espessura mínima normativa de 5 cm.

A escolha do CBUQ justifica-se por sua superior capacidade estrutural em comparação aos tratamentos superficiais, proporcionando melhor comportamento frente às solicitações do tráfego, especialmente em vias sujeitas a volumes mais elevados e à circulação de veículos pesados. Além disso, o revestimento em CBUQ apresenta maior resistência à deformação permanente, ao desgaste superficial e à ação dos agentes climáticos.

Outro fator relevante é a maior regularidade e impermeabilidade proporcionadas por esse tipo de revestimento, reduzindo a infiltração de água nas camadas inferiores do pavimento e contribuindo para o aumento da vida útil da estrutura, bem como para a diminuição da frequência de intervenções de manutenção.

Dessa forma, a adoção de CBUQ com espessura de 5 cm mostra-se tecnicamente mais adequada e economicamente mais vantajosa a longo prazo, garantindo melhores condições de segurança, conforto e trafegabilidade aos usuários da via.

Dessa forma, é obtido também os fatores de equivalência estruturais para os cálculos das camadas seguintes.

Figura 6 - Coeficiente de equivalência estrutural

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

Dessa, os valores de coeficientes a serem utilizados serão no valor de 2,00 e 1,00 para as camadas de revestimento e das camadas granulares respectivamente.

Como já foi determinados os valores das espessuras referencias, as espessuras poderão ser obtidas pelas seguintes fórmulas.

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

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

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_s + h_n K_{Ref} \geq H_m,$$

Os resultados apontam para que o seguinte:

Base (B):

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

$$5 \times 2,0 + B \times 1 \geq 23,79$$

$$B \geq 23,79 - 10$$

$$B \geq 13,79$$

Para obedecer a espessura mínima da base, será adotado a espessura de 15cm para a base.

Sub Base (h20):

-Furo 01:

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

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1 + h_{20} \times 1 \geq 20,5$$

$$h_{20} \geq 20,5 - 25$$

$$h_{20} \geq -4,5cm$$

Por ser encontrado valor negativo, pode ser dispensada a camada de sub-base na região do furo.

-Furo 02 e 03:

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

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1 + h_{20} \times 1 \geq 51,6$$

$$h_{20} \geq 51,6 - 25$$

$$h_{20} \geq 26,6cm$$

Por norma, a camada de sub-base deve ser entre 15cm e 40cm, então será adotado como 15cm.

Reforço do Subleito:

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

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1 + 15 \times 1 + h_n \times K_{Ref} \geq 51,6$$

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1 + 15 \times 1 + h_n \times 1 \geq 51,6$$

$$h_n \geq -2,65cm$$

Em razão do h_n ter sido um valor negativo, significa que a camada superior (sub base) já está sendo o suficiente para suportar as cargas que virão do pavimento, além de que o sub leito atual apresenta uma boa capacidade de suporte mostrado pelos resultados dos ensaios de CBR executados, sendo considerado dispensável a execução de reforço do subleito.

-Furo 04:

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

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1 + h_{20} \times 1 \geq 20,1$$

$$h_{20} \geq 20,1 - 25$$

$$h_{20} \geq -4,9cm$$

Por ser encontrado valor negativo, pode ser dispensada a camada de sub-base na região do furo.

-Furo 05:

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

$$5 \times 2,0 + 15 \times 1 + h_{20} \times 1 \geq 20,4$$

$$h_{20} \geq 20,4 - 25$$

$$h_{20} \geq -4,6\text{cm}$$

Por ser encontrado valor negativo, pode ser dispensada a camada de sub-base na região do furo.

7.6. Conclusão

Com base nos estudos de tráfego e geotécnicos realizados, e utilizando o método empírico do DNIT, foi possível definir a estrutura do pavimento adequada para a estrada em estudo no município de Canapi/AL.

A solução proposta atende aos critérios técnicos de desempenho, garantindo segurança, durabilidade e conforto aos usuários ao longo da vida útil de projeto. Em resumo, as camadas do pavimento serão construídas da seguinte forma.

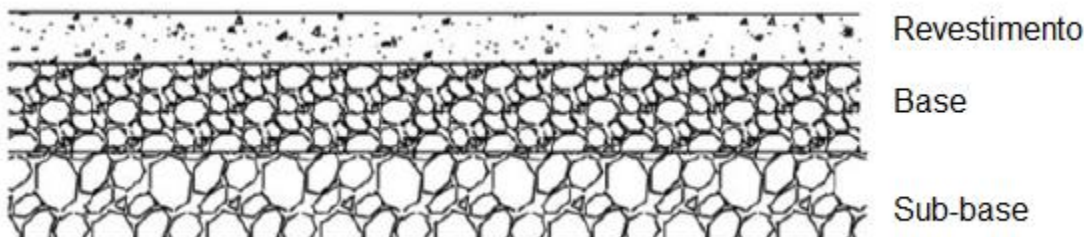
Entre as Estacas 42+10 e 94+0,00 (Áreas de influencia dos furos 02 e 03):

Revestimento: 5cm

Base: 15cm

Sub-base: 15cm

Figura 7 - Ilustração das camadas do pavimento

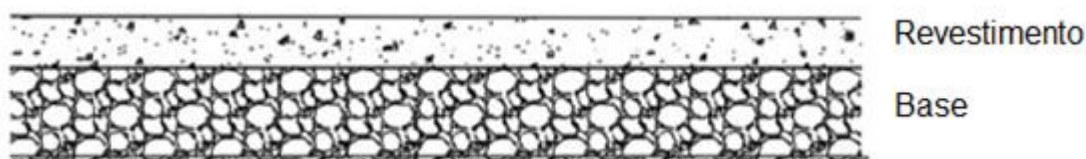


Entre as Estacas 0+0,00 á 42+10 (Área de influência do furo 01) e entre as Estacas 94+0,00 á 160+0,00 (Áreas de influencia dos furos 04 e 05):

Revestimento: 5cm

Base: 15cm

Figura 8 - Ilustração das camadas do pavimento



Recomenda-se a correta execução das etapas construtivas e a realização de controle tecnológico rigoroso, a fim de assegurar o desempenho esperado do pavimento.

8. Distância média de transportes – DMT

Para o suprimento de materiais granulares destinados à pavimentação, foi identificada uma jazida situada nas coordenadas **UTM 8.976.869 S / 652.981 E**, resultando em uma **Distância Média de Transporte (DMT) de 29,3 km**. Salienta-se que esta indicação não possui caráter exclusivo, permanecendo aberta a possibilidade de utilização de fontes alternativas, desde que estas comprovem, mediante ensaios laboratoriais, o atendimento aos critérios técnicos normativos e possibilitem a otimização logística através de uma distância de transporte reduzida.

Quanto ao fornecimento de ligante asfáltico, foram identificadas duas fontes potenciais: a unidade da **Capetro Asfalto Ltda**, em Maceió/AL, e a **Insttale Engenharia**, situada em Fortaleza/CE. A unidade da Capetro Asfalto Ltda se torna mais atrativa por estar mais próxima do trecho, reduzindo custos de transportes e deslocamento, tendo a unidade Insttale Engenharia destinada como fonte alternativa em caso de indisponibilidade pontual de insumo asfáltico na principal alternativa.

9. PROJETO DE SINALIZAÇÃO

9.1. Sinalização vertical

O serviço consiste no fornecimento e instalação de placas de sinalização vertical do tipo regulamentação ou advertência, confeccionadas em chapa de aço galvanizado, dotadas de película retrorrefletiva e camada anti-pichante, garantindo alta durabilidade, resistência às intempéries e adequada visibilidade diurna e noturna. As placas devem atender às normas do CONTRAN e às especificações técnicas aplicáveis (Resoluções vigentes e Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito).

As peças são entregues já com película aplicada, bordas protegidas, superfície lisa e isenta de deformações, apresentando rigidez adequada ao uso. A fixação é realizada em tubo de aço galvanizado de 2", devidamente tratado e dimensionado para suportar esforços de vento e impacto accidental. O poste deve ser instalado em cava previamente escavada, com profundidade e seção conforme projeto, sendo fixado com concreto para garantir estabilidade e verticalidade.

Após a cura do concreto, procede-se à fixação da placa ao poste, utilizando braçadeiras e parafusos galvanizados ou ferragens específicas, assegurando alinhamento, altura e orientação corretos, conforme as diretrizes de implantação da

sinalização vertical. Finalizada a instalação, realiza-se a limpeza da placa, verificação de retro refletividade e inspeção do conjunto.

O sistema de sinalização implantado deve apresentar estabilidade, legibilidade e durabilidade, contribuindo para a segurança operacional da via.

9.2. Sinalização horizontal

A sinalização horizontal tem como objetivo organizar e orientar o fluxo de veículos, transmitindo mensagens e orientações aos usuários de forma a aumentar a segurança e a fluidez da via. Serão aplicadas marcas longitudinais (linhas divisórias de fluxo e linhas de bordo), marcas transversais (faixas de pedestres e linhas de retenção) e símbolos sobre o pavimento, em conformidade com as normas do Contran e as especificações técnicas do DNIT/DER. Para garantir a visibilidade noturna e sob condições climáticas adversas, a pintura será executada com a utilização de microesferas de vidro, garantindo o índice de retro refletividade exigido. Os materiais utilizados deverão apresentar alta resistência à abrasão e durabilidade frente ao tráfego intenso previsto para o trecho.

REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- **NBR 6118:2024** - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento
Estabelece critérios para o projeto e execução de estruturas de concreto armado, incluindo detalhes sobre dimensionamento, resistência e durabilidade.
- **NBR 6122:2019** - Projeto e Execução de Fundações
Especifica os requisitos para o projeto e execução de fundações, incluindo estacas e fundações diretas, aplicáveis ao suporte de estruturas como passagens molhadas.
- **NBR 8681:2004** - Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento
Define os parâmetros para a segurança estrutural, incluindo as ações a serem consideradas no dimensionamento de estruturas sujeitas a cargas diversas, como as hidrodinâmicas em passagens molhadas.
- **NBR 12722:2019** - Execução de Camada de Lastro
Especifica os procedimentos para execução de camadas de lastro, que são aplicáveis ao preparo da base para a passagem molhada.
- **IPR 743** - Manual de sinalização rodoviária - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- **IPR 736** - Álbum de projetos - tipos de dispositivos de drenagem - 5ª edição - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- **IPR 724** - Manual de drenagem de rodovias - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- **IPR 723** - Manual de estudos de tráfego - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- **IPR 719** - Manual de pavimentação - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- **IPR 715** - Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)
- **IPR 667** - Método de projeto de pavimentos flexíveis - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT)

ANEXO I – RESUMO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO OBSERVADOS NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 937012

Ano	Total Anual (mm)	Máxima Diária Anual (mm)
1937	269,50	47,00
1938	265,30	43,00
1939	197,30	26,40
1940	221,70	17,00
1941	559,90	90,00
1942	304,80	40,00
1943	747,80	70,00
1944	1.250,80	64,50
1945	438,40	40,80
1946	399,80	41,00
1947	1.000,60	50,00
1948	662,10	40,70
1949	1.206,50	60,60
1950	443,70	55,80
1951	904,20	39,70
1952	630,90	45,00
1953	551,40	38,60
1954	911,40	40,60
1955	422,60	37,00
1956	802,20	35,60
1957	717,20	37,00
1958	425,30	35,50
1959	709,90	40,50
1960	827,60	40,50
1961	879,00	40,40
1962	613,20	40,50
1963	448,20	36,00
1964	568,60	42,00
1965	262,70	30,60
1966	448,50	37,60
1967	365,60	63,50
1968	398,10	17,50
1969	662,40	54,40
1970	378,80	78,00
1971	480,00	66,40
1972	686,10	60,00

1973	268,40	58,80
1974	358,60	29,40
1975	750,80	30,40
1976	316,00	60,40
1977	714,50	38,70
1978	567,00	84,60
1979	341,50	36,60
1980	225,80	30,60
1981	545,00	75,20
1982	668,80	35,10
1983	242,80	50,00
1984	607,70	45,30
1985	952,30	72,20
1986	460,50	22,00
1987	270,70	25,00
1988	427,30	30,80
1989	493,30	30,60
1990	140,40	20,60
1991	469,40	30,00
1994	463,20	25,60
1996	69,00	25,40
1997	384,80	30,80
1998	87,60	30,20
1999	223,20	25,00
2000	556,60	28,60

ANEXO II – QUADRO DE DIMENSIONAMENTO DOS BUEIROS DE PROJETO

Bueiros	Estaca	Area Bacia (Km²)	Linha de Fundo (Km)	Cota Montante (m)	Cota Exultória (m)	AH (m)	Tempo Concent. (min)	Tempo Concent. (h)	I (mm/h)	Run Off	Vazão 25 anos (m³/s)	Bueiro Adotado	Seção (m)			Vazão Admis. (m³/s)
									25				B	x	H	
BUEIRO 01	9+0,0	0,03	0,23	357	346	11	5	0,08	139,023044	0,35	0,41	BSTC		Ø	1	0,43
BUEIRO 02	90	0,11	0,23	375	364	11	5	0,08	139,023044	0,35	1,49	BSTC		Ø	1	1,53
BUEIRO 03	124	0,17	0,32	374	365	9	6,56	0,11	117,286606	0,35	1,94	BDTC		Ø	1	2,91
BUEIRO 04	146+10	6,62	4,93	585	358	227	44,57	0,74	35,3383542	0,35	22,74	BTCC	2	x	2	26,04
BUEIRO 05	176	0,14	0,36	391	372	19	5,64	0,09	128,924681	0,35	1,75	BDTC		Ø	1	2,91