



GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ

RELATÓRIO DE ANTEPROJETO DE PAVIMENTAÇÃO NA RODOVIA PR-436 DE RIBEIRÃO DO PINHAL PARA TRIOLÂNDIA

RODOVIA: PR-436

TRECHO: RIBEIRÃO DO PINHAL A IBAITI

SUBTRECHO: RIBEIRÃO DO PINHAL PARA TRIOLÂNDIA

EXTENSÃO: 11,00 Km

MARÇO DE 2026

SUMÁRIO

1.	APRESENTAÇÃO.....	5
2.	MAPA DE LOCALIZAÇÃO.....	6
3.	ESTUDOS.....	7
3.1	Estudos de Tráfego.....	7
3.2	Estudos Topográficos.....	12
3.3	Estudos Geológicos.....	13
3.4	Estudos Geotécnicos.....	23
3.5	Estudos Hidrológicos.....	24
3.6	Estudo de Interferências.....	25
4.	ANTEPROJETOS.....	27
4.1	Anteprojeto Geométrico.....	27
4.2	Anteprojeto de Terraplenagem.....	29
4.3	Anteprojeto de Pavimentação.....	34
4.4	Anteprojeto de Drenagem.....	36
4.5	Anteprojeto de Obras Complementares.....	37
4.6	Anteprojeto de Paisagismo.....	38
4.7	Anteprojeto de Contenções.....	39
4.8	Anteprojeto de Sinalização e Dispositivos de Segurança.....	40
5.	TERMO DE ENCERRAMENTO.....	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Veículos	8
Figura 2: Compartimentação litológica do estado do Paraná	13
Figura 3: Distribuição dos produtos ígneos formadores da Província Ígnea Paraná- Etendeka (PIPE).....	16
Figura 4: Estratigrafia química e distribuição dos tipos de magma conforme furos de sondagem (CB, NA, CS e GO).....	17
Figura 5: Coberturas sedimentares Paleozóicas da Bacia do Paraná no estado do Paraná	17
Figura 6: Litotipos descritos para área de estudo.....	18
Figura 7: Geomorfologia da área municipal e da região de estudo	20
Figura 8: Hidrogeologia da área de interesse.....	21
Figura 9: Hidrografia municipal no contexto da Bacia Hidrográfica do rio das Cinzas...	22



LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fator Equivalente de Operação	10
Quadro 2: Lista de fontes comerciais identificadas	22
Quadro 3: Postes a remanejar.....	25
Quadro 4: Remoção de Cercas	26
Quadro 5: Construções em Alvenaria.....	26
Quadro 6: Construções em Madeira.....	26
Quadro 7: Características do Projeto	28
Quadro 8: Distância de visibilidade	44

1. APRESENTAÇÃO

O presente volume, denominado **Volume 1: Relatório do Anteprojeto**, é parte integrante do Anteprojeto de pavimentação na rodovia PR-436, contemplando 11,00 quilômetros de extensão, no trecho localizado entre os municípios de Ribeirão do Pinhal e Ibaiti.

O Anteprojeto é composta pelos seguintes volumes:

- Volume 1: Relatório do Anteprojeto;
- Volume 1A: Estudos Geotécnicos;
- Volume 2: Anteprojeto de Execução;
- Volume 3: Quantitativos estimados.

2. MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Figura 1. Localização da PR-436.





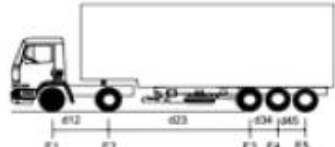
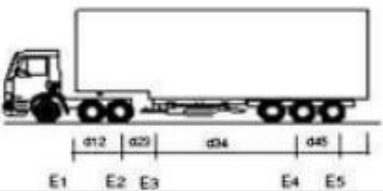
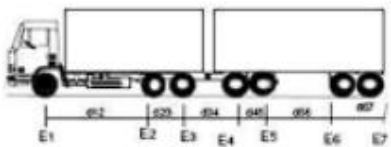
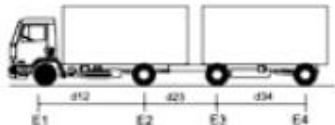
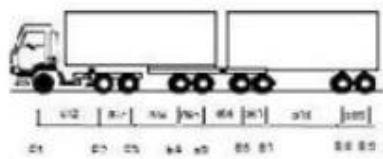
3. ESTUDOS

3.1 Estudos de Tráfego

Estes estudos possuem como objetivo garantir que vias e dispositivos funcionem com eficiência e segurança e capacidade adequada para os usuários. Por meio de análises e levantamentos, os quais tratam da obtenção de alguns dados como de volume, composição do tráfego, velocidade operacional, estudo da capacidade e níveis de serviço e projeções de tráfego, é possível dimensionar faixas, projetar acessos, retornos e interseções, planejar obras de melhoria ou ampliação de capacidade.

Sendo o volume de tráfego um fator de fundamental importância para o dimensionamento de estruturas de pavimento, uma vez que os esforços internos que surgirão estão diretamente relacionados à configuração dos eixos e à magnitude das cargas aplicadas ao pavimento, sendo no país os tipos de veículos mais comuns os apresentados pela Figura 1 abaixo:

Figura 1: Tipos de Veículos

	2 / 2	16 / (16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12 > 3,50 m	2C
	2 / 3	23 / (24,15)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12 > 2,40 m 1,20 < d23 ≤ 2,40 m	3C
	3 / 5	41,5 / (43,575)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3E4E5 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d23 > 2,40 m 1,20 m < d34, d45 < 2,40 m	2S3
	3 / 6	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 16m	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO+ SEMI-REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5E6 = conjunto de eixos em tandem triplo; carga máxima 25,5 ton. d12, d34 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d56 < 2,40 m	3S3
	4 / 7	45 / (47,25) Res. Contran 210/06. Caso tenha comprimento total inferior a 17,50m (comp. Máx. = 19,80m)	ROMEU E JULIETA (caminhão trucado + reboque) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67 < 2,40 m	304
	4 / 4	36 / (37,8) Caso tenha comprimento total até 19,80m. Superior a 19,80m será necessário portar AET (somente para reboques registrados até 30 dias após e publicação desta Portaria) (comp. Máx. = 25,0m)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E3 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. E4 = eixo duplo; carga máxima 10 ton. d12, d23, d34 > 2,40 m	2C2
	5 / 9	74 / (77,7) comprimento entre 25m e 30m	RODOTREM (caminhão trator trucado + semi-reboques + reboque com dolly) E1 = eixo simples; carga máxima 6,0 ton. E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E4E5 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E6E7 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. E8E9 = conjunto de eixos em tandem duplo; carga máxima 17 ton. d12, d34, d56, d78 > 2,40 m 1,20 m < d23, d45, d67, d89 < 2,40 m	3T6

Para efeito de dimensionamento da estrutura de pavimento novo, segundo procedimento preconizado pelo DER/SP, o tráfego de veículos comerciais deve ser

convertido no número "N" de solicitações equivalentes de um eixo simples de rodas duplas com carregamento de 8,2 tf, denominado eixo padrão.

Todos os tipos de eixo e cargas dos veículos comerciais integrantes da frota solicitante prevista são transformados para um eixo equivalente simples de rodas duplas de 8,2 tf.

Cálculo do Número N

O número "N" é calculado pela seguinte expressão:

$$N = 365 \times P \times VDM \times FV \times FR \times D \times d$$

Onde:

N = número de solicitações equivalentes ao eixo padrão;

P = período de projeto;

VDM = volume diário médio de tráfego;

FV = fator de veículo;

FR = fator climático regional;

D = porcentagem de veículos comerciais na faixa mais solicitada;

d = porcentagem de veículos por sentido.

Definido o período de projeto de 10 anos, de acordo com as diretrizes do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER/SP) a determinação do número N consiste, inicialmente, na definição dos volumes de tráfego de cada tipo de veículo e sua projeção de crescimento.

A segunda etapa de cálculo é a definição do fator de veículos (FV), que permite a determinação do número de eixos equivalentes ao eixo padrão a partir do volume de veículos com determinada configuração de eixos e cargas que trafega durante o período de projeto.

Cálculo do Fator de Veículos

O fator de veículos é calculado a partir da seguinte expressão:

$$FV = FE \times FC$$

Onde:

FE = fator de eixo;

FC = fator de equivalência de carga.

As cargas máximas por tipo de eixo são definidas na Lei da Balança e pelo Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.053. de 23/09/1997 – resolução no 12 de

06/02/1998) corresponde a 6,0 tf no eixo simples dianteiro, e 10,0 tf, 17,0 tf e 25,5 tf para os eixos simples, tandem duplo e tandem triplo traseiros, respectivamente.

Os fatores de equivalência à carga padrão de 8,2 tf são determinados analiticamente, através de dois métodos de cálculo, o do USACE (United States Army Corps of Engineers), e o da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), sendo o primeiro preconizado pelo DER/SP e o segundo para fins de avaliação mecanicista.

Ainda, segundo o procedimento de dimensionamento do DER/SP, com o objetivo de considerar as variações de umidade dos materiais constituintes do pavimento durante as diversas estações do ano (o que se traduz em variações da capacidade de suporte dos materiais), multiplica-se o número equivalente de solicitações do eixo padrão (ou parâmetro de tráfego) "N" por um coeficiente "FR", denominado Fator Regional, que, na pista experimental da AASHTO, variou de 0,2 (ocasiões em que prevalecem baixos teores de umidade) a 5,0 (ocasiões em que os materiais estão praticamente saturados).

No Brasil não se dispõe de elementos experimentais para tal determinação, mas de acordo com as recomendações do DER/SP, pode-se adotar: FR = 1,0

Com base nas considerações anteriores, elaborou-se a planilha apresentada a seguir, que ilustra a evolução do número "N" ao longo do período de projeto pelos métodos preconizados pela AASHTO e USACE para o período de projeto de 10 anos.

Para esse dimensionamento, em virtude do tráfego sazonal, considerou-se que o sentido de tráfego mais solicitado contará com veículos completamente carregados, conforme pesos informados no Relatório Quadro de Fabricantes de Veículos do DNIT.

Para se obter o Fator de Veículos (F.V.) utiliza-se o método do DNER, onde obtêm-se a partir do Quadro 1 abaixo, o valor de Fator Equivalente de Operação para cada tipo de veículo e sua tonelada.

Quadro 1: Fator Equivalente de Operação

FATOR DE EQUIVALÊNCIA POR EIXO			
EIXO	LIMITE MÁXIMO	EQUAÇÃO	FC
SRS	6	$(P/7,77)^{4,32}$	0.3273
SRD	10	$(P/8,17)^{4,32}$	2.3944
TD	17	$(P/15,08)^{4,14}$	1.6424
TT	25.5	$(P/22,95)^{4,22}$	1.5599

Por fim, no presente estudo foram adotados os seguintes parâmetros: a PR-436 foi classificada como rodovia de Classe II, ou seja, uma rodovia em pista simples, de



elevado padrão, suportando volumes de tráfego projetados para 10 anos após a abertura do tráfego, considerando como limite inferior 1400 veículos por dia ou volume horário de projeto de 200 veículos e limite superior de 1900 veículos por dia, para o caso de região montanhosa a com más condições de visibilidade, obtendo-se um número N igual a 5×10^6 .

3.2 Estudos Topográficos

O presente relatório tem por objetivo descrever os serviços de levantamentos topográficos realizados para subsidiar o desenvolvimento de projeto rodoviário, contemplando a caracterização planialtimétrica da área de interesse.

O desenvolvimento do estudo topográfico foi conduzido por meio de técnicas usuais de aquisição de dados planialtimétricos, adequadas à finalidade do projeto, contemplando a definição geométrica do eixo da via, bem como o levantamento de elementos necessários à caracterização do terreno e da faixa de domínio.

Os procedimentos adotados permitiram a obtenção de informações suficientes para a representação do relevo e dos elementos lineares associados ao traçado proposto, viabilizando a elaboração de produtos gráficos destinados ao desenvolvimento do projeto.

Descrição dos Serviços Executados

A partir do levantamento em campo, o processamento de dados foi a próxima etapa para que se obtivesse resultados como:

- Representação do relevo por meio de curvas de nível;
- Definição do eixo da via projetada;
- Indicação de bordos e limites associados à plataforma viária;
- Delimitação da faixa de domínio;
- Representação de cercas e elementos laterais existentes;
- Indicação de acostamentos;
- Estaqueamento progressivo a cada 20m ao longo do eixo;
- Seções transversais distribuídas ao longo do traçado.

As seções transversais apresentam disposição aproximadamente perpendicular ao eixo da via, possibilitando a análise da geometria do terreno ao longo do desenvolvimento linear do projeto.

Processamento e organização dos dados

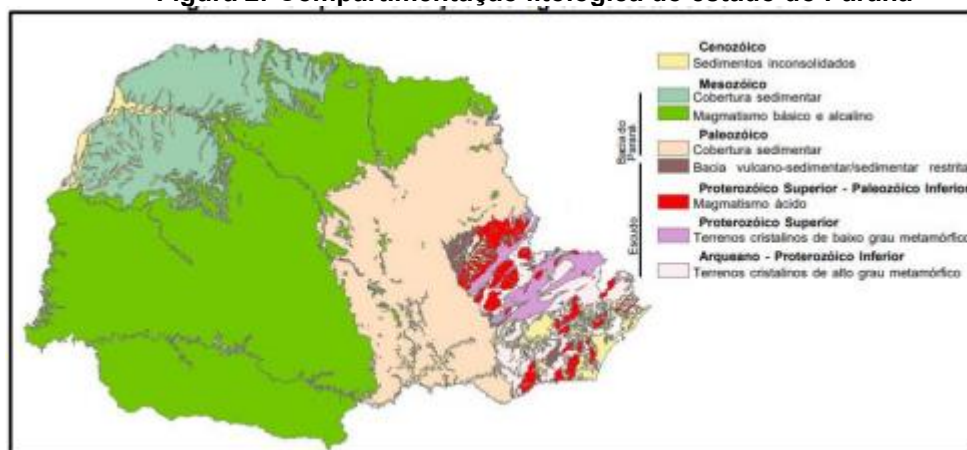
Os dados foram organizados em ambiente CAD, compatíveis com softwares amplamente utilizados em engenharia, tais como Autodesk Civil 3D e AutoCAD, estruturados de forma a permitir a leitura, interpretação e utilização no desenvolvimento de estudos e projetos rodoviários.

3.3 Estudos Geológicos

Descrição geológica da região

Geologicamente, o estado do Paraná pode ser dividido em duas grandes porções: o Escudo, localizado na porção sudeste/leste, e a Bacia do Paraná a qual abrange todo restante da área estadual (Figura 2: Compartimentação litológica do estado do Paraná)

Figura 2: Compartimentação litológica do estado do Paraná



Fonte: Atlas Geológico do Estado do Paraná (Mineropar, 2001).

O Escudo é compartimentado pelo Primeiro Planalto e Litoral, sendo constituído essencialmente por rochas magmáticas e metamórficas de baixo, médio e alto grau que fazem parte do embasamento da Plataforma Sul-Americana. Estas rochas são as mais antigas do estado, com idades variando de 2.800 a 450 milhões de anos, abrangendo os períodos Arqueano ao Paleozóico Inferior. Portanto, baseados em parâmetros estratigráficos, tectônicos e geocronológicos, a área do Escudo pode ser subdividida em quatro (04) conjuntos litológicos distintos, que são:

- Arqueano/Proterozóico Inferior: compreende os terrenos cristalinos de alto grau metamórfico, de fácies anfibolito a granulito;
- Proterozóico Superior: são os terrenos metamórficos de baixo grau metamórfico, variando da fácies xisto verde a anfibolito;
- Proterozóico Superior/Paleozóico Inferior: engloba o magmatismo de caráter ácido reconhecido nesta região, o qual não teve interrupções até o Paleozóico;
- Paleozóico: representado por bacias vulcano-sedimentares restritas que se formaram no Ordoviciano, entre o final do Ciclo Brasileiro e o processo de cratonização da Plataforma Sul-Americana.

A Bacia do Paraná é compartimentada no estado pelos denominados Segundo e Terceiro Planaltos, recobrimdo a grande maioria da área do estado. Seu desenvolvimento começou no

Período Devoniano (~400 Ma) e se estendeu até o Cretáceo (~132 Ma), sendo uma bacia sedimentar intracratônica que evoluiu sobre a plataforma Sul-Americana. A persistente, porém, não ininterrupta, subsidência da área permitiu que grande espessura de sedimentos e materiais ígneos se acumulassem, chegando a 5.000 metros de espessura em alguns pontos. As principais litologias descritas no estado do Paraná são os derrames vulcânicos do Grupo Serra Geral (GSG), formados a partir de um extenso campo de derrames, rochas subvulcânicas e termos intrusivos que recobrem extensas áreas da América do Sul, englobando áreas territoriais do Brasil, Uruguai, leste do Paraguai e norte da Argentina. No território da Angola e também na Namíbia, em província conhecida como Etendeka, na costa oeste do continente Africano, mesmo que em menores proporções, também ocorrem tais depósitos, que estariam todos relacionados à abertura do oceano Atlântico Sul, ocorrida durante o Período Cretáceo Inferior (Erlank et al., 1984; Belieni et al., 1984a) da Era Mesozóica (~145.0 – 66.0 Ma) (Figura 2). Este evento é descrito como sendo um dos responsáveis pela separação do continente Americano e Africano, que conjuntamente formavam o supercontinente conhecido como Gondwana, sendo a atividade ígnea geradora destes depósitos um de seus prováveis catalisadores. Estudos sugerem a dimensão alcançada por este evento, principalmente quando levada em consideração a extensão areal alcançada pelas lavas, que recobriram aproximadamente $2 \times 10^6 \text{ km}^2$ no continente americano e $8 \times 10^4 \text{ km}^2$ no continente africano (Erlank et al., 1984; Peate et al., 1992). Esta extensão foi proposta através da análise de distribuição de enxames de diques, como por exemplo os encontrados ao longo da costa brasileira entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, leste do Paraguai e na porção sul dos campos de lava da Namíbia (Província Etendeka). Estas estruturas são reconhecidas como os sistemas de alimentação do vulcanismo de flood basalts da PIPE (Raposo et al., 1998; Florisbal et al., 2014). Hoje em dia, estes depósitos ígneos são conhecidos como Província Ígnea Paraná-Etendeka (PIPE), a qual preserva um volume de $1 \times 10^6 \text{ km}^3$ (Cordani e Vandomos, 1967), sendo considerada uma das maiores LIP's (Large Igneous Provinces) da história do Planeta.

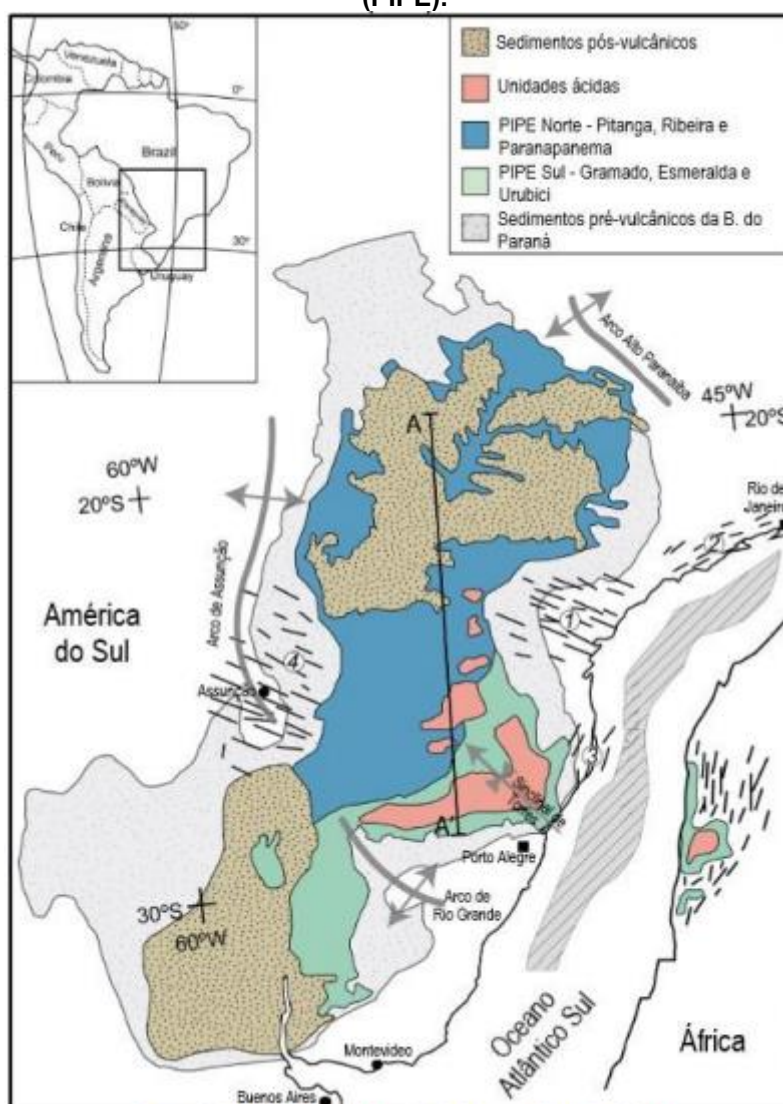
Os arenitos eólicos da F. Botucatu compõem a base dos depósitos do GSG, tendo sido gerados em um ambiente de campo de dunas (erg) formado no interior do supercontinente Gondwana, durante o período Eo-Cretáceo, anteriormente a sua fragmentação e também durante esta. O desenvolvimento deste imenso campo de duas

é contemporâneo aos primeiros depósitos vulcânicos do GSG, sendo os arenitos sotopostos pelos primeiros derrames da sequência vulcânica na porção sul da PMPE.

A formação Botucatu é composta por arenitos com granulometria fina-média, apresentando grãos arredondados (Scherer, 2007) e de aspecto fosco, clássicos de ambientes eólicos. Estes depósitos foram, progressivamente, sendo recobertos pelos depósitos vulcânicos do GSG, porém com manutenção dos ambientes desérticos, fato este que gerou uma série de interações entre os produtos sedimentares e vulcânicos. Em meio aos pacotes vulcânicos é comum descrever intertraps sedimentares, pacotes tabulares de arenitos entre diferentes derrames, etc. Os termos vulcânicos extrusivos da província, os quais recobriram as areias do deserto Botucatu, podem ser divididos entre “basálticos” e “riolíticos”, demonstrando uma tendência fortemente bimodal na geração dos produtos no magmatismo do Paraná/Paraná. Cabe destacar, que mesmo apresentando esta bimodalidade, há um predomínio bastante extenso do primeiro tipo, onde calcula-se que aproximadamente 97% da pilha vulcânica gerada seja composta por basaltos toleíticos. Excelentes exposições destes produtos vulcânicos podem ser descritas nas escarpas do Grupo Serra Geral (GSG), no sul do Brasil. Serra Geral é o nome estratigráfico formal para as lavas da Província do Paraná, no Brasil. As rochas vulcânicas de composição básica (SiO_2 entre 45 e 52%) podem ser diferenciadas geoquimicamente em dois grupos utilizando-se seus conteúdos de TiO_2 . Assim, consideram-se como “basaltos alto- TiO_2 ” aqueles que apresentam conteúdo de TiO_2 superior a 2%, ao passo que os que contenham teores inferiores a 2%, são classificados como “basaltos baixo- TiO_2 ” (Bellieni et al., 1984b; Mantovani et al., 1988). Em trabalho de 1992, Peat et al. propôs a existência de um total de 6 tipos de magmas no Serra Geral, baseado na proporção entre os elementos titânio (Ti) e ítrio (Y), sendo estes: Paranapanema, Pitanga, Ribeira (porção norte, com $\text{Ti/Y} > 300\text{ppm}$) e Esmeralda, Gramado e Urubici (porção sul, com $\text{Ti/Y} < 300\text{ppm}$). A estratigrafia dos depósitos da PIPE, na Bacia do Paraná, foi proposta com base na sucessão e distribuição regional dos tipos de magma. No sul da bacia predominam os magmas do tipo baixo- TiO_2 , com uma sucessão caracterizada pelos basaltos do tipo Gramado sendo sobrepostos pelos dacitos do tipo Palmas e riolitos. No topo desta sequência ocorrem basaltos do tipo Esmeralda (Peat et al., 1992; Peat et al., 1997; Rossetti et al., 2017). No limite norte desta porção austral da bacia, lavas alto TiO_2 , do tipo Urubici, ocorrem na forma de

pequena faixa, sendo contemporâneas e intercaladas com fluxos de lava do tipo Gramado (Peat et al., 1997). As lavas alto-TiO₂, da porção norte da bacia, possuem ordem estratigráfica marcada pelos tipos Ribeira, Pitanga e Paranapanema (Peate et al., 1997), que recobrem as lavas baixo-TiO₂ para norte e oeste. A integração entre litofácies, relações estratigráficas, geoquímicas, estruturais e também petrográficas, permitiram detalhar de uma forma mais completa a estratigrafia do GSG, elevando seu status de formação para Grupo Serra Geral – GSG (Rossetti et al., 2018).

Figura 3: Distribuição dos produtos ígneos formadores da Província Ígnea Paraná-Etendeka (PIPE).

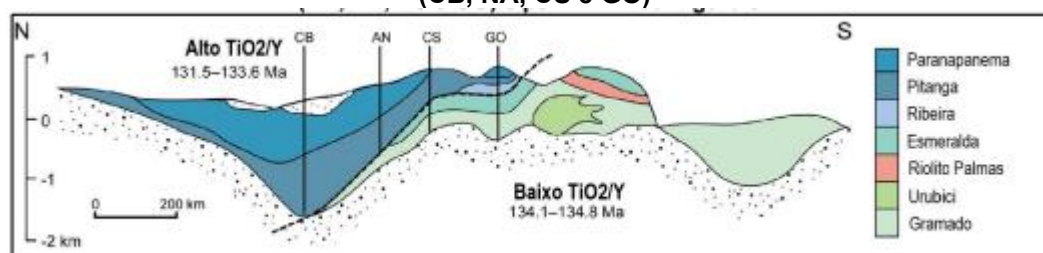


Fonte: Extraído e modificado de Rossetti et al. (2017)

Toda a sequência estratigráfica dos materiais vulcânicos na Bacia do Paraná, demonstram uma migração para norte, representada por uma maior espessura de materiais mais jovens nesta porção da bacia (Figura 3). Idades isotópicas demonstram

que a principal atividade magmática do GSG, na bacia do Paraná, foi concentrada em um intervalo de 4 milhões de anos, durante o Cretáceo inferior, entre 135 a 131 Ma (Janasi et al., 2011). A atividade magmática teria iniciado na porção sul da província, com idades entre 134.1 e 134.8 Ma (Renne et al., 1992; Thiede & Vasconcelos, 2010), ao passo que na porção norte lavas e corpos magmáticos intrusivos indicaram eventos mais recentes, entre 131.5 e 133.6 Ma (Ernesto et al., 1999).

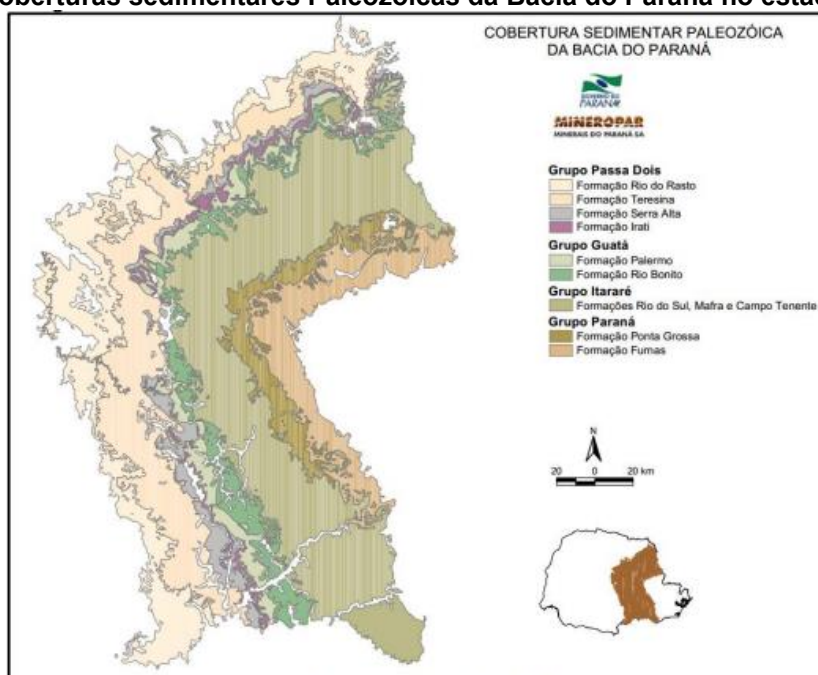
Figura 4: Estratigrafia química e distribuição dos tipos de magma conforme furos de sondagem (CB, NA, CS e GO)



Fonte: Extraído e modificado de Rossetti et al. (2017)

No entanto, também ocorrem exposições de Coberturas Sedimentares Paleozóicas, principalmente junto à transição entre os depósitos do Escudo e as coberturas vulcânicas do Grupo Serra Geral. Neste trecho, é possível descrever depósitos sedimentares relacionados a dinâmica marinha e litorânea, que se estendem por 1.500.000 km² nas porções sul e sudeste do Brasil, aflorando no Segundo Planalto no estado do Paraná. Compreende os Grupos Paraná, Itararé, Guatá e Passa Dois.

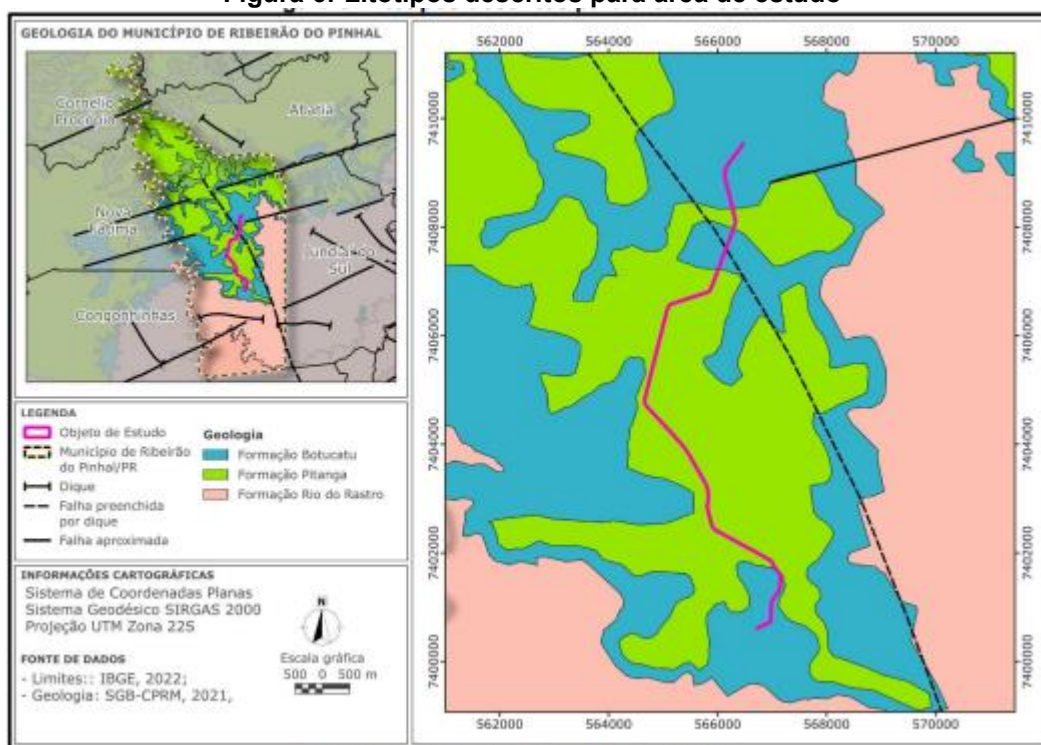
Figura 5: Coberturas sedimentares Paleozóicas da Bacia do Paraná no estado do Paraná



Fonte: Atlas Geológico do Estado do Paraná (Mineropar, 2001).

Ocorrem ainda sedimentos Cenozóico, de origens continentais e marinhos, inconsolidados, descritos principalmente junto aos canais de drenagem, tanto nas porções a oeste do estado, bem como junto aos limites a leste. Na área de interesse relacionada ao trecho da rodovia PR-436, a sul da área urbanizada do município, é possível descrever a ocorrência de dois litotipos distintos que compõem o Grupo Serra Geral, sendo os arenitos da F. Botucatu aflorantes nas porções norte e sul, e ocorrência dos basaltos da Formação Pitanga na porção central (Figura 5). A formação Pitanga é composta por derrames básicos delgados, do morfotipo pahoehoe (lava em corda), simples e/ou compostos, associados a depósitos vulcanoclásticos máficos do tipo brechas, tufo-brechas e tufos. É possível descrever intercalações com arenitos e lamitos, ocorrendo ainda subordinadamente derrames do morfotipo rubbly-pahoehoe e tabulares espessos.

Figura 6: Litotipos descritos para área de estudo



Elaboração Cartográfica: Garden (2025).

Pedologia

Conforme Mapa de solos do Estado do Paraná, desenvolvido pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITCG (2008), a região municipal de Ribeirão do Pinhal é composta por ao menos cinco (05) tipos de solos distintos, sendo:

- Nitossolos nas áreas ao norte do município;

- Neossolos junto às elevações e vertentes das porções norte, leste e sul;

- Gleissolos com pequena ocorrência na porção norte, em zona deprimida;
- Latossolos dominando as porções centrais onde afloram litologias vulcânicas;
- Argissolos na porção sul e leste, junto a áreas mais planificadas.

Climatologia

O clima da região se caracteriza por padrões subtropicais com pequena influência oceânica, sendo destacada uma estação seca nos meses de inverno e verão constituindo o período mais úmido (IAP, 2014).

As temperaturas médias oscilam entre 18 e 20°C, com clima classificado como Subtropical Úmido Mesotérmico, sendo diferenciadas algumas áreas ao sul que demonstram chuvas bem distribuídas durante o ano com verões mais amenos (Cfb, segundo Köppen), e áreas ao norte com verões mais quentes (Cfa, segundo Köppen). A precipitação média anual varia entre 1.400 e 1.600mm, sendo a região a sul a que apresenta os maiores índices. No trimestre mais úmido a chuva é bem distribuída, com médias de 600mm, representando, assim, aproximadamente 40% da precipitação anual.

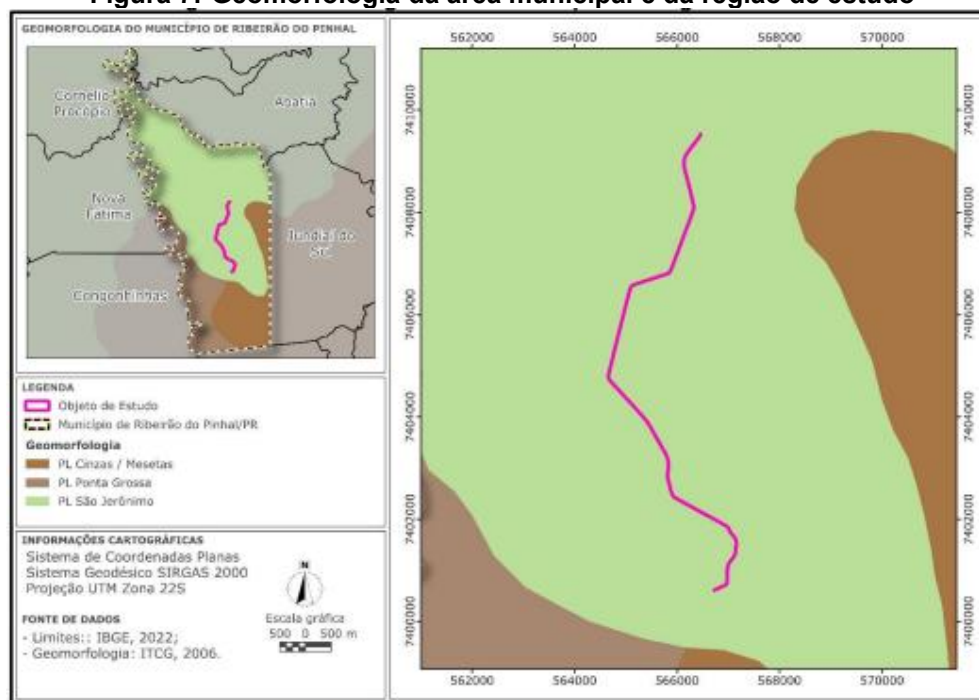
Geomorfologia

Conforme Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (IAT, 2006), o estado do Paraná é subdividido em um total de oito (08) Unidades morfoestruturais, sendo estas:

- Cinturão Orogênico do Atlântico;
- Serra do Mar;
- Primeiro Planalto Paranaense;
- Bacia Sedimentar do Paraná;
- Segundo Planalto Paranaense;
- Terceiro Planalto Paranaense;
- Bacias Sedimentares Cenozoicas e Depressões Tectônicas;
- Planícies.

A área de estudo, no município de Ribeirão da Pinheira, se encontra no contexto do Terceiro Planalto Paranaense (sub-unidade Planalto São Jerônimo ou de Londrina).

Figura 7: Geomorfologia da área municipal e da região de estudo



Elaboração Cartográfica: Garden (2025).

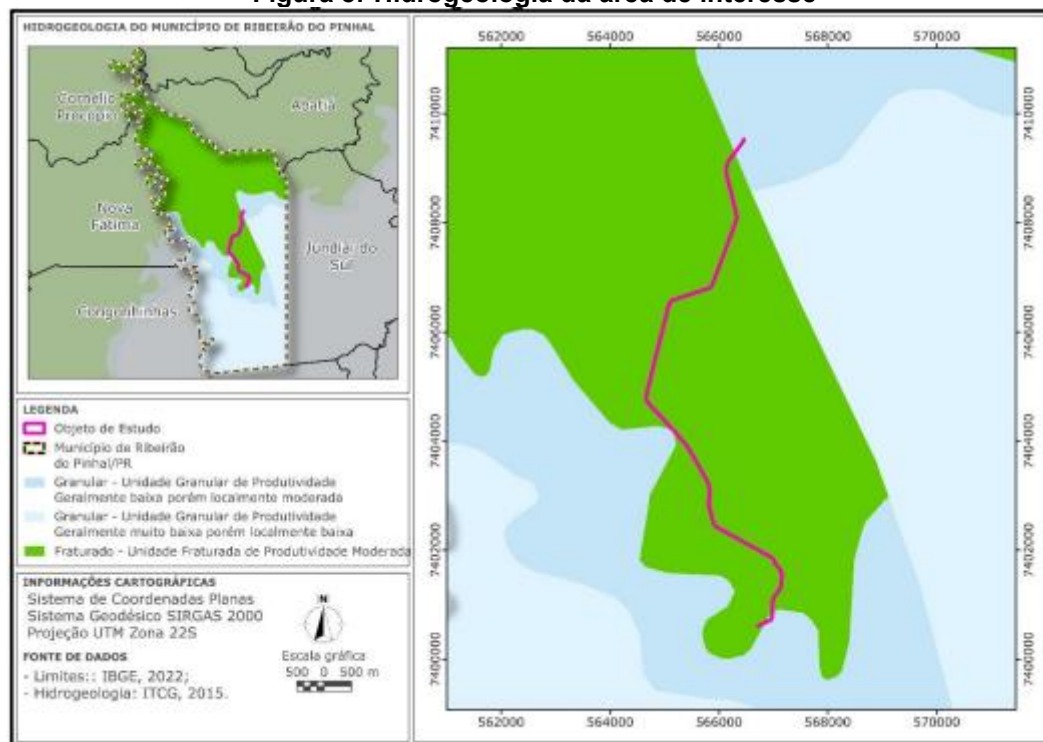
Descreve-se área com média dissecação do terreno, apresentando formas de relevo com topos alongados e vertentes convexas, com vales encaixados em “v”, onde se descrevem altitudes mínimas de 340,00m e máximas de 1.180,00m. Predominam classes de declividade inferiores a 6%, variando até 12%, as quais ocupam um total de 4.370,03km² dos 9.410 km² ocupados na carta geomorfológica de Cornélio Procópio (IAT, 2006).

Hidrogeologia

Conforme pode ser observado junto à Figura 7, a área municipal de Ribeirão do Pinhal se encontra sobre contexto de aquíferos fraturados e granulares. A sul se observam os limites do aquífero granular relacionado aos depósitos sedimentares do Grupo Passa Dois, constituídos por folhelhos, calcários, arenitos e siltitos (CPRM, 2015). Nas bordas das coberturas vulcânicas do GSG, é possível descrever o aquífero Botucatu que, juntamente com o aquífero Pirambóia, constitui o Sistema Aquífero Guaraní. Trata-se de aquífero granular, com produtividade elevado em determinados pontos, sendo constituído por litologia predominantemente quartzo-arenosa (CPRM, 2015). No contexto local, a área abrangida pela estrada, dominam os aquíferos fraturados relacionados às rochas basálticas do GSG. Trata-se de aquífero com produtividades

moderadas, relacionadas diretamente ao volume e interligação entre sistemas de fraturas e descontinuidades das rochas.

Figura 8: Hidrogeologia da área de interesse



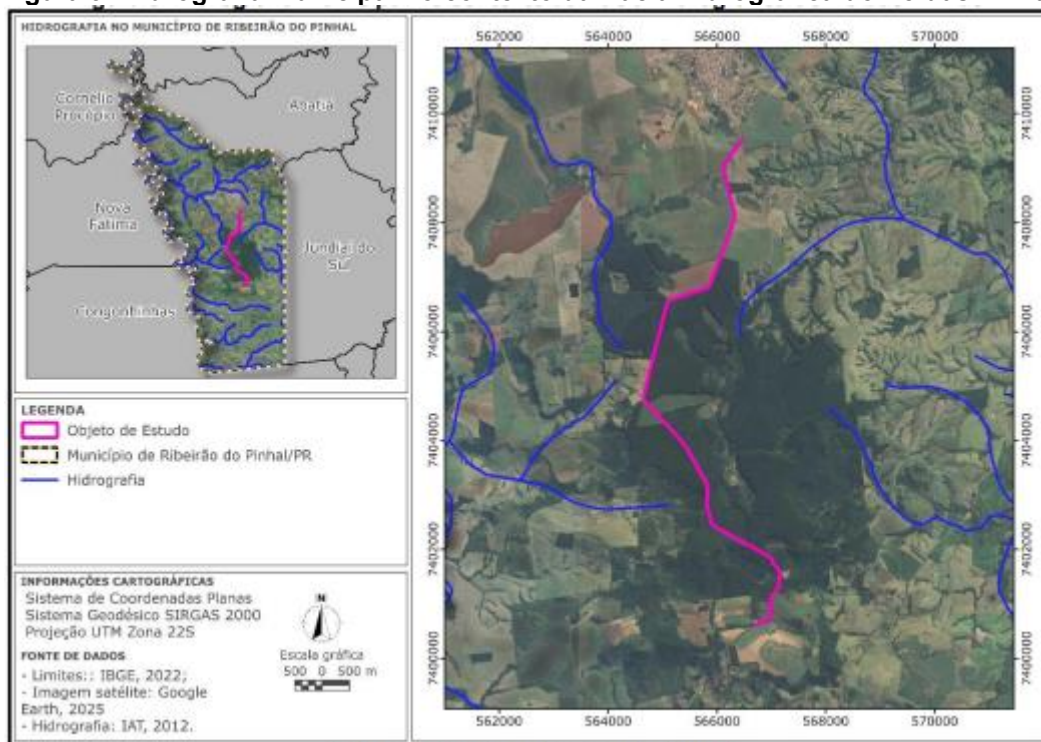
Elaboração Cartográfica: Garden (2025).

Hidrografia

O município de Ribeirão da Pinheira se localiza no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio das Cinzas, uma das dezesseis que banham o estado do Paraná. A bacia supracitada se encontra inclusa à Unidade Hidrográfica de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) Norte Pioneiro, que abrange área de 16.353 km², ocupada por uma população de 579.871 habitantes, segundo dados do IBGE (2010). Esta UGRHI abrange três bacias hidrográficas: Rio das Cinzas, Itararé (margem esquerda) e Paranapanema 1 e 2. O rio das Cinzas nasce na Serra de Furnas e recebe águas de dois importantes afluentes, sendo rio Laranjinha e o rio Jacarezinho. O rio drena uma área total de 9.612 km², sendo a agropecuária e cultivo de cana as principais atividades desenvolvidas.

A área de estudo, no município de Ribeirão da Pinheira, conforme bases estaduais, apresenta apenas canais fluviais de rios e arroios de primeira ordem, contribuintes de margem esquerda do rio das Cinzas.

Figura 9: Hidrografia municipal no contexto da Bacia Hidrográfica do rio das Cinzas



Ocorrência de Materiais

A provisão dos insumos deste projeto observou as especificações contidas nas Instruções de Serviço IS-206 “Estudos Geotécnicos” e a IS-202 “Estudos Geológicos”, de modo que foram pesquisadas possíveis fontes de materiais a serem utilizados, considerando o tipo de material e a distância relativa ao trecho em estudo.

Após consulta, foram selecionadas as seguintes fontes comerciais:

Quadro 2: Lista de fontes comerciais identificadas

Fonte comercial	Material	Localização	Latitude	Longitude	Distância Média (km)
Pedreira Pedra Norte	Areia/brita	PR-160, s/n - Km3, 5 - Cornélio Procópio, PR, 86300-000	7431621.00 m S	537581.00 m E	59,80
Betunel	Emulsões	Ac. Zilda Seixas do Amaral, 750 - Parque Industrial Zona Norte, Apucarana - PR, 86806-380	7398575.00 m S	455207.00 m E	177,00
Itabranca	Cal	Rod. dos Minérios, Km 19 - Planta Maria Clara, Alm. Tamandaré - PR, 83507-000	7202560.13 m S	670719.90 m E	424,00
Itambé	Cimento	Campo Largo, PR	7183360.32 m S	640253.92 m E	341,00

3.4 Estudos Geotécnicos

Para a elaboração dos Estudos Geotécnicos, foram seguidas as orientações da Instrução de Serviço IS-206 - Estudos Geotécnicos (DNIT,2006).

Os estudos geotécnicos são fundamentos indispensáveis para o correto embasamento do dimensionamento do pavimento, para isso fazendo-se necessário o conhecimento do solo que servirá de suporte à futura estrutura a ser construída. O solo de fundação, onde será assentado o pavimento será conhecido por meio da realização dos estudos geotécnicos, que possibilitam o seu reconhecimento, identificação e quantificação das suas características físicas e mecânicas, assim como a obtenção dos seus parâmetros geotécnicos necessários ao dimensionamento da estrutura.

Sondagens realizadas

Para determinação preliminar destas características foram realizadas 55 sondagens a trado ao longo do trecho rural em estudo. O Volume 1A, intitulado Estudos Geotécnicos apresenta as atividades desenvolvidas, bem como os resultados dos ensaios das sondagens realizadas.

3.5 Estudos Hidrológicos

O projeto foi desenvolvido de acordo com o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (Publicação IPR-715 do DNIT), Manual de Drenagem de Rodovias (Publicação IPR-724 do DNIT) e Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços (Publicação IPR-726 do DNIT). Para tal, foram procedidas as seguintes atividades:

- Coleta dos dados pluviométricos e climatológicos;
- Estabelecimento do regime de chuvas;
- Além das bibliografias citadas anteriormente, os demais documentos considerados na elaboração dos Estudos Hidrológicos estão apresentados a seguir.
- Cartas Topográficas adquiridas no Banco de Dados Geográfico do Exército Brasileiro; Dados pluviométricos obtidos na ANA – Agência Nacional de Águas, que serão utilizados para os cálculos hidrológicos;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen”, publicação do DNER.

3.6 Estudo de Interferências

Ao longo do trecho em estudo foi possível identificar a rede de energia e luz a partir das ferramentas Google Street View, PARANÁ INTERATIVO¹ e a utilização de ortofotos providas de drones.

Remanejamento da Rede de Energia Elétrica

Foi previsto o remanejamento de postes considerando as premissas estabelecidas pela Companhia Paranaense de Energia – COPEL. Para a elaboração e aprovação dos Projetos de Redes de Distribuição de Energia, os projetos de relocação de redes possuem validade de 1 ano, o que corrobora para o não desenvolvimento de um Anteprojeto de Redes e de Iluminação completo neste momento.

Quanto aos postes a serem remanejados, a localização está registrada pelas coordenadas dispostas no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3: Postes a remanejar

Postes a Remanejar		
ID	Coordenada (N)	Coordenada (E)
Poste 1	7406564,000	565141,824
Poste 2	7405352,023	564781,672
Poste 3	7405480,460	564815,011
Poste 4	7405449,586	564806,878
Poste 5	7404607,517	564790,973
Poste 6	7400651,025	566792,635
Poste 7	7400652,722	566785,420
Poste 8	7400658,833	566791,651

Remoção de Cercas

Ao longo do trecho a pavimentar na rodovia PR-436, faz-se necessário a remoção de cercas dispostas em propriedades lindeiras à via atual que virão ocasionar interferências na nova geometria apresentada.

As cercas as serem removidas estão registradas no Quadro 4, que se segue:

¹

<https://paranainterativo.pr.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=8980bb43732549d29a2e24ead42c66a4>

Quadro 4: Remoção de Cercas

Remoção de Cercas					
ID	Extensão	Coordenada Início (N)	Coordenada Início (E)	Coordenada Fim (N)	Coordenada Fim (E)
Cerca 1	407	7409408,965	566475,148	7409215,363	566261,352
Cerca 2	539	7409210,885	566255,426	7408735,691	566182,751
Cerca 3	185	7405506,901	564823,896	7405327,983	564776,889
Cerca 4	44,6	7400655,654	566782,698	7400652,773	566798,239

Remoção de Construções

A geometria descrita neste anteprojeto, apresenta a necessidade de remoção de elementos que causam interferência na implantação de obras, sendo estes a subestação de energia de uma propriedade, representada como “casa de força” e os pontos de ônibus.

As construções a serem removidas, foram segregadas pelo seu tipo de material podendo ser de alvenaria ou madeira. A identificação destas interferências está listada no Quadro 5 e Quadro 6 que se seguem:

Quadro 5: Construções em Alvenaria

Construções de Alvenaria		
ID	Coordenada (N)	Coordenada (E)
Ponto de ônibus	7403304,662	565773,417
Ponto de ônibus	7406807,815	565844,592
Casa de Força	7400657,137	566794,991

Quadro 6: Construções em Madeira

Construções de Madeira		
ID	Coordenada (N)	Coordenada (E)
Ponto de ônibus	7402854,764	565800,724

4. ANTEPROJETOS

4.1 Anteprojeto Geométrico

O Projeto Geométrico foi desenvolvido a partir do Estudo de Traçado, atendendo as orientações das seguintes publicações do DNIT:

- IS-208 – Instruções de Serviço para Projeto Geométrico (DNIT, 2006);
- Publicação IPR-706 – Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999);
- Publicação IPR-740 – Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (DNIT, 2005);
- IS-213 – Instruções de Serviço para Projeto de Interseções, Retornos e Acessos (DNIT, 2006);
- Publicação IPR-718 – Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005).
- Termo de Referência do projeto.

Na sequência, observaram-se as características do traçado proposto e registro dos aspectos condicionantes, que são:

- Travessias de cursos d'água importantes;
- Cruzamentos com vias classificadas;
- Possíveis cortes e aterros de grandes dimensões;
- Características geométricas da pista existente;
- Avaliação de regiões com solo mole;

A partir destas análises iniciais, o desenvolvimento do Projeto Geométrico foi realizado com base nos Estudos Topográficos e Estudos de Tráfego, estabelecendo a geometria em planta e perfil, empregando o software AutoCAD Civil 3D.

As premissas definidas com base no estudo de traçado apresentado resultaram em um modelo de projeto que incorpora a adequação geométrica objetivando sempre que tecnicamente justificável o menor custo e menor impacto social aos moradores lindeiros, além de basear-se nos seguintes fatores:

- Condicionantes de caráter ambiental;
- Condicionantes geométricas;

- Avaliação dos volumes de corte e aterro;
- Limites da faixa de domínio;
- Áreas urbanas.

Os elementos que serão apresentados no Volume 2 são os seguintes:

- Planta na escala 1:1.000, na qual figuram a pista existente e os demais elementos identificáveis da faixa de domínio e, através de desenhos e convenções próprias, os principais elementos da pista projetada, tais como: offsets, eixo e bordos da plataforma, raios das curvas projetadas;
- Perfil longitudinal nas escalas 1:1.000(H) / 1:100(V), com indicação do greide projetado e da linha do terreno, elementos das rampas e das curvas de concordância vertical e localização de obras-de-arte especiais;

Velocidade de Projeto

Velocidade de projeto ou velocidade diretriz é definida como sendo a máxima velocidade que um veículo pode manter, em determinado trecho, em condições normais, com segurança.

A velocidade de projeto é a velocidade selecionada para fins de projeto da via e que condiciona as suas principais características, tais como curvatura, superelevação, superlargura e distâncias de visibilidade, características essas, das quais depende a operação segura e confortável dos veículos.

A velocidade de projeto adotada foi de 60 km/h ao longo de todo o trecho e associando-a a classe de projeto à topografia da região, conforme diretriz do Manual de Projeto de Interseções do DNIT.

Características do Projeto

No Quadro 7 abaixo, são apresentadas as características relacionadas ao projeto geométrico:

Quadro 7: Características do Projeto

Rodovia	Extensão (km)	Classe	Velocidade de Projeto (km/h)	Relevo	e-máx (%)	Faixa de rolamento (m)	Acostamento (m)	Declividade dos taludes de corte e aterro (h:v)
PR-436	11,00	II	60	Ondulado/montanhoso	8	3,50	1,50	2:1

4.2 Anteprojeto de Terraplenagem

Os serviços de corte e aterro devem prever a utilização racional de equipamento apropriado, atendidas as condições locais e a produtividade exigida, sendo que não é permitido o andamento dos trabalhos em dias de chuva, sem a prévia execução e aceitação dos serviços preliminares e sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR. Devem ser observadas e respeitadas as diretrizes das normas DER-ES-TE-01-23, DER-ES-TE-02-23, DER-ES-TE-06-23 e DER-ES-TE-08-23.

Cortes

A execução dos cortes compreende a escavação do terreno natural, cuja constituição envolve formações de solos, de alteração de rocha, rocha ou associações destes tipos, até as cotas estipuladas em projeto. Desta forma, o material cortado que possuir qualidade deverá ser disposto nas regiões de aterro indicadas em projeto, conforme os perfis longitudinais elaborados, de forma que o terreno final atenda as cotas de projeto.

A execução de bota-foras só é autorizada após a conclusão dos aterros adjacentes, analisadas a distribuição de massas do projeto e a viabilidade econômica de aproveitamento do material. Quando houver excesso de material de cortes e for impossível incorporar ao corpo dos aterros, devem ser constituídos bota-foras, devidamente compactados. Preferencialmente, as áreas a eles destinadas devem ser localizadas à jusante da rodovia, com revestimento vegetal sobre os mesmos.

Quanto aos equipamentos a serem utilizados para os serviços de corte, devem ser utilizados de maneira racional, destacando como serão movimentados materiais:

1ª categoria, são necessários:

- a) escavadeiras hidráulicas com esteiras;
- b) caminhões basculantes;
- c) motoniveladora
- d) compressores de ar;
- e) marteletes pneumáticos.

2ª categoria:

- a) escavadeiras hidráulicas com esteiras;
- b) caminhões basculantes;

- c) motoniveladoras;
- d) compressores de ar;
- e) marteletores pneumáticos.

Após a execução do serviço de corte, procede-se à locação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, a cada 20m pelo menos, envolvendo no mínimo três pontos de seção transversal, tolerando-se variações máximas de altura de + 0,05 m e – 0,05 m, para valores individuais, quando comparadas às cotas de projeto de terraplenagem. A largura da plataforma acabada é determinada por medidas a trena, executadas a cada 20 m, pelo menos. A variação máxima na largura é de + 0,20 m para a semiplataforma, não se admitindo variações para menos.

Aterros

Já os aterros, são segmentos cuja implantação requer depósito de materiais, que no referente projeto, serão providos das regiões de corte, devendo o preenchimento ser efetuado até as cotas demarcadas em projeto. Os materiais utilizados nos aterros devem ser homogêneos, se enquadrando nas classificações de 1ª categoria e de 2ª categoria, devendo ser isentos de matérias orgânicas, micáceas e diatomáceas, tampouco devem ser constituídos de turfas ou argilas orgânicas. Ainda, não é permitido o uso de solos de baixa capacidade de suporte ($ISC < 2\%$) e expansão maior do que 4%.

Quanto aos equipamentos a serem utilizados para os serviços de aterro, devem ser utilizados de maneira racional, destacando que são necessários:

- a) trator de lâmina;
- b) escavo-transportadora;
- c) moto-escavo-transportadora;
- d) caminhão basculante; motoniveladora;
- e) trator agrícola;
- f) grade de discos;
- g) caminhão irrigador;
- h) rolos compactadores autopropelidos (lisos, de pneus ou pés de carneiro).

O material de aterro deve ser transportado, descarregado e espalhado em camadas sucessivas de no máximo 30 cm, sendo que a camada final é dividida em três camadas individuais de 20 cm cada.

O grau de compactação mínimo para a camada final, em cada uma das camadas de 20 cm, obtido através do ensaio DNER-ME 092/94, é de 100% em relação à massa específica aparente máxima seca obtida em laboratório pelo ensaio DNIT 164/2013-ME, considerando a energia normal ou a energia intermediária. Quanto ao teor de umidade, deve estar situado na faixa de $\pm 3\%$ para as duas primeiras camadas, e $\pm 2\%$ para a camada superficial, em relação à umidade ótima do ensaio DNIT 164/2013-ME.

Para o corpo do aterro, o grau de compactação mínimo é de 95% em relação à massa específica aparente máxima seca do ensaio DNIT 164/2013-ME (energia normal), cuja espessura máxima por camada compactada deve ser igual a 30 cm. Quanto ao teor de umidade, deverá estar situado na faixa de $\pm 3\%$ em relação à umidade ótima do ensaio DNIT 164/2013-ME.

Desta forma, os cortes e aterros devem ser executados até atingirem-se as cotas de projeto, salientado que a inclinação dos taludes formados deve obedecer a proporção horizontal/vertical de 2:1.

Referente ao controle de qualidade da camada final, devem ser realizados os seguintes ensaios:

- a) um ensaio de compactação, segundo o método de ensaio DNIT 164/2013-ME para cada 200 m³ de um mesmo material e no mínimo três ensaios por pano de 600 m;
- b) um ensaio do Índice de Suporte Califórnia e de expansão, segundo os métodos de ensaio DNIT 172/2016-ME e DNIT 160/2012-ME, respectivamente, para cada 1.000 m³;
- c) uma determinação de umidade e uma determinação da massa específica aparente seca “in situ” pelo método DNER ME 092/94, para cada 150 m³ de camada final, alternadamente no eixo e bordos. Para aterros com extensão inferior a 100 m são executados, pelo menos, duas determinações;
- d) um ensaio de granulometria (DNER ME 080/94), do limite de liquidez (DNERME 122/94) e do limite de plasticidade (DNER ME 082/94), para cada 1.000 m³. Já para o corpo do aterro, devem ser realizados os seguintes ensaios:
 - a) um ensaio de compactação, segundo o método de ensaio DNIT 164/2013 ME, para cada 1.000 m³ de um mesmo material do corpo de aterro;

- b) um ensaio do Índice de Suporte Califórnia e de expansão, segundo os métodos de ensaio DNIT 172/2016-ME e DNIT 160/2012-ME, respectivamente, para cada 1.000 m³;
- c) uma determinação de umidade e uma determinação da massa específica aparente seca “in situ” pelo método DNER ME 092/94, para cada camada de corpo de aterro, com espaçamento até 200 m, e no mínimo duas determinações por camada;
- d) um ensaio de granulometria (DNER ME 080/94), do limite de liquidez (DNER ME 122/94) e do limite de plasticidade (DNER ME 082/94), para cada conjunto de dez ensaios de compactação, segundo alínea “a”.

Quanto ao controle geométrico, deverão os aterros respeitarem as seguintes tolerâncias:

- a) variação da altura máxima de $\pm 0,03$ m para o eixo e bordos;
- b) variação máxima de largura de + 0,30 m para a plataforma, não sendo admitida variação negativa;
- c) abaulamento transversal situado na faixa de $\pm 0,5\%$, em relação ao definido em projeto para a camada final, não se admitindo situações que permitam o acúmulo de água.

Revestimento primário

Foi previsto a escavação do revestimento primário existente ao longo do trecho, nos segmentos caracterizados por seção de corte, com remoção de uma camada de 0,20 m.

Rebaixos

Trechos onde o CBR apresentou valores inferiores a 10% e a expansão superou 2%, procedeu-se com o rebaixo de 0,60 m para a execução de camada de substituição com rachão. Parte do solo proveniente desse rebaixo foi aproveitado na execução do corpo de aterro e o excedente encaminhado para bota-fora.

Fator de Homogeneização de Aterros

Com o objetivo de compensar as diferenças de densidade e a relação entre o volume do material no corte de origem e o volume que este mesmo material ocupa no aterro, após a realização da sua compactação, foi adotado para o

anteprojeto o fator de homogeneização para os materiais de 1ª e 2ª categoria de 1,30.

Depósito de Materiais Excedentes (DME)

Foram previstas áreas para os bota-foras no início do trecho, dentro da faixa de domínio do DER-PR, nos dois sentidos da rodovia, entre as estacas 7 e 43, com área disponível de 20.831 m².

4.3 Anteprojeto de Pavimentação

Conforme exposto no Item 4.1 – “Anteprojeto Geométrico”, o relevo da rodovia foi considerado como ondulado/montanhoso, foi adotado como velocidade diretriz 60 km/h.

No que tange à superelevação, foi utilizado o valor de 2,0 % para os segmentos em tangente, a fim de atender as necessidades de drenagem da via. Salienta-se que foi adotado como superelevação máxima 6%, no qual o raio mínimo de curvatura é de 135 m.

Quanto a declividade do greide da rodovia, por se tratar de uma rodovia já existente a ser pavimentada e tendo em vista o relevo ondulado/montanhoso, em certos trechos não houve oportunidade de suavizar o greide, uma vez que resultaria em movimentações de solo demasiadamente grandes, mantendo-se, portanto, a declividade do greide original.


Já no que tange as curvas verticais, para as convexas foi adotado K mínimo de 11 enquanto para as côncavas o K mínimo considerado foi de 14 e 15 respectivamente.

Para faixa de rolamento, foi adotada largura de 3,50 m, com mais 1,50 m de acostamento, totalizando uma pista de 5,00 m por sentido.

Dimensionamento do pavimento

Desta forma, para compor as camadas do pavimento foi empregue, sobre o subleito, a camada de sub-base (h20), com espessura de 15 cm, a qual será composta de material granular. Sobre a sub-base, foi prevista a camada de base (B) com espessura de 20 cm, também em material granular. Por fim, a última camada do pavimento é o revestimento (R), com espessura de 5 cm, composto de concerto asfáltico com polímero.

No quadro a seguir é apresentado memorial de cálculo do dimensionamento do pavimento.

 Contrato: N° 252/2023 Contratante: Prefeitura Municipal de Ribeirão do Pinhal/PR Contratada: Garden Projetos Data deste documento: 31/05/24	DIMENSIONAMENTO DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA PR-436				mai/2024
	Cálculos de Pavimentação				
Número equivalente de operações do eixo simples padrão (N)				5,0E+06	
Camadas	CBR (%)	Material	Coeficiente de equivalência estrutural (k)		
Base - B	60 (o valor não é dado de entrada no método)	Material granular	1,00		
Sub-base - h_{20}	20		1,00		
Reforço do subleito - h_n	n = 10		0,71		
Subleito	m = 10	-	-		
Altura equivalente H_{eq}	CBR	Altura equivalente (cm)			
H_{20}	20,00	27,24			
H_n	10,00	41,22			
H_m	10,00	41,22			
Pavimento Final					
Camada	Altura calculada (cm)	Espessuras mínimas com arredondamentos (cm)	Coeficiente de equivalência estrutural	Altura final com arredondamentos (cm)	Material
(A)	(B)	(C)	(D)	(E) (Cx D)	(F)
Revestimento - R	5,00	5,00	-	5,00	CBUQ
Base - B	17,24	20,00	1,00	20,00	Brita graduada simples
Sub-base - h_{20}	13,99	15,00	1,00	15,00	Macadame seco
Reforço do subleito - h_n	0,00	0,00	0,71	0,00	Areia média
Dimensão total	36,22			40,00	
Ribeirão do Pinhal/PR, 31 de maio de 2024.					
Amanda T. Dalmás Engª Civil e Ambiental CREA RS233907			Marina Veber Bráz Engenheira Civil CREA RS233273		

4.4 Anteprojeto de Drenagem

A drenagem da rodovia será efetuada por meio de sarjeta de concreto moldadas in loco, com formato trapezoidal, conforme especificado em projeto. O concreto deverá ser dosado para uma resistência característica à compressão mínima ($f_{ck_{min}}$) aos 28 dias, de 20 Mpa, devendo ser preparado conforme prescrições da ABNT-NBR 12655.

A execução das sarjetas deverá ser efetuada após a conclusão de todas as operações de pavimentação que envolvam atividades na faixa anexa. Destaca-se que a cada segmento com extensão máxima de 12 m, deve ser executada uma junta de dilatação, preenchida com cimento asfáltico aquecido, de modo a se obter a fluidez necessária para a sua aplicação, por escoamento, na junta.

As saídas d'água, das sarjetas, devem ser executadas conforme projeto, sendo prolongadas por cerca de 10 m a partir do final do corte, com deflexão que propicie o seu afastamento do bordo da plataforma (bigodes).

Nos acessos da rodovia, para que seja possível a passagem dos veículos sobre as sarjetas, sem causar danos ao dispositivo ou a interrupção do fluxo canalizado, são previstos tubos de concreto, do tipo de encaixe ponta e bolsa ou macho e fêmea, obedecendo as exigências da ABNT-NBR 8890.

Destra forma, nos pontos de acesso, deve-se interromper a sarjeta e efetuar a escavação para instalação dos tubos. A superfície que recebera o tubo deve ser apiloada. Na parte inferior do tubo, deve ser executado berço com concreto de resistência $f_{ck} \geq 15$ MPa, em espessura de 10 cm e após a cura deve ser efetuado o assentamento, travamento e rejuntamento dos tubos. Em sequência, deve ser efetuada a complementação do envolvimento do tubo com o mesmo tipo de concreto da porção inferior, obedecendo à geometria prevista no projeto-tipo e a um recobrimento mínimo sobre a geratriz superior de 15 cm.

4.5 Anteprojeto de Obras Complementares

O Projeto de Obras Complementares tem por objetivo adequar a via à paisagem urbana, integrando-a ao local onde está sendo implantada, recuperada ou ampliada, diminuindo os impactos ambientais negativos, além de proporcionar harmonia com o meio ambiente, garantindo um fluxo adequado, seguro e confortável aos pedestres e ciclistas. Para tanto, compreende os serviços de implantação e remoção de dispositivos auxiliares, são esses:

- Inserção de cercas; e;
- Abrigo em parada de ônibus;

Cercas

De acordo com a especificação de serviço DER/PR ES-OC 11/18, a função das cercas consiste na delimitação e vedação da faixa de domínio das rodovias. São constituídas de fios de arame apoiados em suportes rígidos e fixados no solo.

Há locais, em sua minoria, em que a geometria projetada se sobrepõe as cercas existentes, considerou-se a realocação desses dispositivos. Balizado na DER/PR ES-OC 18/18, há cercas utilizadas para conter e controlar corredores ecológicos, chamadas de Cerca viva.

Conforme a especificação do DER-PR, cercas vivas delimitam a faixa de domínio da rodovia, em áreas de alta concentração de árvores de alta robustez, buscando a função de quebra vento, ou corta fogo impedindo a passagem das queimadas para a faixa de domínio.

Abrigos para parada de ônibus

São dispositivos constituídos por placas pré-moldadas de concreto armado, dispostos ao longo da via, próximos a áreas povoadas, visando abrigar os usuários das intempéries no período de espera do transporte e, ao mesmo tempo, definindo locais para embarque e desembarque de passageiros.

Para a implantação destes dispositivos no referente projeto, foi utilizada como referência a Especificação de Serviço DER/PR ES-OC 17/23.

4.6 Anteprojeto de Paisagismo

A proteção vegetal consiste basicamente no plantio de espécies vegetais com a finalidade de preservar áreas expostas da rodovia, conferindo condições de resistência à erosão e atenuando as agressões ao meio-ambiente.

As áreas hoje descobertas e aquelas que se tornarão descobertas pelas operações de construção da rodovia serão protegidas com vegetação adequada e por processos que facilitem o enraizamento e o seu desenvolvimento rápido.

Para o projeto em questão foi considerado o serviço de revestimento vegetal pelos processos de hidrossemeadura e enleivamento.

Hidrossemeadura

A hidrossemeadura é um processo de plantio que emprega o uso de equipamentos hidráulicos para dispersar uma massa líquido-pastosa, com sementes, adubo e outros insumos. Esse material é lançado sobre a terra através da utilização de um tanque do pulverizador que normalmente é transportado por caminhão ou reboque ao local. O objetivo da aplicação é proporcionar uma cobertura rápida e homogênea da área, com ação imediata na proteção do solo a processos erosivos. O processo de hidrossemeadura será aplicado nos taludes de corte ao longo do trecho de projeto.

Enleivamento

O enleivamento funciona através de leivas em placas, contendo gramínea e leguminosas, transplantada de viveiro ou outro local de extração, para o local de implantação, promovendo a cobertura imediata do solo. Como os taludes projetados são todos suaves não há necessidade de colocar estacas para travamento das placas, caso se verifique condição necessária em campo, indica-se realizar o travamento com estacas simples de madeira, para que as placas não escorreguem. Após espalhar os montes de grama, assentam-se as placas. A área deve ser nivelada manualmente, retirando pequenas irregularidades. Para melhorar a adesão ao solo, deve-se compactar levemente as placas, tomando o devido cuidado para não danificar as placas. O serviço de revestimento vegetal pelo processo de enleivamento será executado nos taludes de aterro e nas áreas de revestimento na interseção.

Ressalta-se também, que os serviços de proteção vegetal deverão ser executados em conformidade com a especificação de serviço DER/PR ES-OC 15/05.

4.7 Anteprojeto de Contenções

As contenções rodoviárias são estruturas projetadas para resistir aos empuxos do solo, estabilizar taludes e evitar processos de instabilidade como deslizamentos, erosões e recalques diferenciais. Em regiões como Ribeirão do Pinhal, onde a combinação entre relevo ondulado, com ocorrência de cortes e aterros.

O desempenho das obras de contenção está diretamente ligado às características geotécnicas locais e diante das limitações das soluções tradicionais, observa-se uma crescente adoção de sistemas mais eficientes, especialmente aqueles baseados em integração entre a estrutura de contenção e o maciço de solo, facilidade e agilidade construtiva e eficiência no controle e dissipação das águas.

Nesse contexto, os sistemas de solo reforçado com face estruturada ganham destaque, em especial o Terramesh, que se torna uma alternativa para aplicações rodoviárias.

Solo reforçado com elementos Terramesh (ou similar)

Como solução para as contenções em aterro, foram indicados estrutura de contenção em solo reforçado. Neste estudo foram utilizados os conceitos e premissas estabelecidas para execução de Terramesh®, solução desenvolvida pela Maccaferri.

Terramesh® são estruturas constituídas por um maciço de solo reforçado com elementos resistentes a esforços de tração. As soluções Terramesh® possuem como elemento de reforço a malha hexagonal de dupla torção de alta durabilidade, interligada ao paramento frontal, o qual pode ser preenchido por pedras, no caso do Terramesh® System, ou com face vegetável, no caso do Terramesh® Verde. Em estruturas de grande porte, também são utilizadas geogrelhas MacGrid® em conjunto com os elementos Terramesh®.

4.8 Anteprojeto de Sinalização e Dispositivos de Segurança

O Projeto de Sinalização foi desenvolvido com base no Código de Trânsito Brasileiro, Resoluções do CONTRAN, Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT.

O projeto de sinalização compreendeu a concepção e o detalhamento dos sistemas de sinalização horizontal e vertical, complementados por dispositivos auxiliares, de maneira a proporcionar ao usuário um desempenho seguro no fluxo de tráfego.

Adotou-se velocidade de projeto de 60 Km/h - obedecendo aos requisitos de engenharia de trânsito, de forma a regulamentar o uso das vias, advertir sobre perigos potenciais e orientar os usuários através de informações necessárias durante seu deslocamento, de forma a assegurar atenção, compreensão e resposta necessária às mensagens, através de padronização de símbolos, cores, formas e dimensões adequadas e simplicidade de legendas.

O projeto de sinalização é dividido na sinalização horizontal, composto por marcas longitudinais e transversais ou diagonais e por inscrições no pavimento, complementado por dispositivos auxiliares de segurança de trânsito; e na sinalização vertical, que contém indicações, localização, dimensões e tipos de suporte e dispositivos auxiliares.

Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal é composta por linhas e faixas (longitudinais e transversais), marcas de canalização, símbolos e legendas escritas no pavimento, cuja finalidade é organizar e controlar o fluxo de veículos que adentram ao empreendimento.

Antes do início da pintura a superfície deve estar limpa e seca, sem sujeiras, areia, poeira, óleos, graxas ou qualquer material estranho que possa prejudicar a aderência da tinta ao pavimento. Como sinalização complementar, a sinalização horizontal não detém força legal nas regras de trânsito, salvo no caso das linhas separadoras de faixas de trânsito que indicam proibição de ultrapassagem e a faixa de travessia de pedestres sobre a qual é proibido o estacionamento de veículos.

A tinta deverá ser específica para demarcação viária, de acordo com as tabelas quantitativas, nas cores branca e amarela. A seguir, apresenta-se os elementos de sinalização horizontal considerados no projeto.

- Inscrições no pavimento

Orientam o condutor do veículo quanto ao uso da rodovia e ordenação da circulação, intensificando a mensagem transmitida pela sinalização vertical. Utilizou-se as Legendas dos tipos “PARE” e “ÔNIBUS”.

- Linha dupla contínua (LFO-3)

Linha dupla, contínua e de cor amarela, com largura de 0,10 m tendo a mesma largura no espaçamento entre elas. Utilizada para regulamentar a proibição de ultrapassagem nos dois sentidos da via.

- Linha de bordo (LBO)/LPP

Linha simples, contínua, e nas cores branca ou amarela, com largura de 0,10 m, e afastada 0,10 m dos limites dos bordos projetados. Utilizada para demarcação do bordo e das vagas de estacionamento.

A distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista até o sinal. Considerou-se a distância de visibilidade de 160 m, equivalente a velocidade de 50 km/h, de acordo com o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN.

Sinalização Vertical

A sinalização viária estabelecida através de comunicação visual, por meio de placas, painéis ou dispositivos auxiliares, situados na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, tem como finalidade: a regulamentação do uso da via, a advertência para situações potencialmente perigosas ou problemáticas, do ponto de vista operacional, o fornecimento de indicações, orientações e informações aos usuários, além do fornecimento de mensagens educativas.

Para que a sinalização vertical seja efetiva, devem ser considerados os seguintes fatores para os seus dispositivos:

- Posicionamento dentro do campo visual do usuário;
- Legibilidade das mensagens e símbolos;
- Mensagens simples e claras;
- Padronização.

Os sinais devem estar corretamente posicionados dentro do campo visual do usuário, ter forma e cores padronizadas, símbolos e mensagens simples e claras, além de letras com tamanho e espaçamento adequados à velocidade de percurso, de modo a facilitar sua percepção, assegurando uma boa legibilidade e, por consequência, uma rápida compreensão de suas mensagens por parte dos usuários. Suas cores devem ser mantidas inalteradas tanto de dia quanto à noite, mediante iluminação ou refletorização.

Como regra geral, para todos os sinais posicionados lateralmente à via, deve-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° (três e cinco graus), em relação à direção ortogonal ao trajeto dos veículos que se aproximam, de forma a evitar reflexos provocados pela incidência de faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa.

Adicionalmente, os sinais devem ser inclinados em relação à vertical, em trechos de rampa, para frente ou para trás conforme a rampa seja ascendente ou descendente, de forma assim melhorar também a refletividade.

A diferenciação visual entre sinais de diferentes finalidades é efetuada a partir de padronização própria de forma e cores, que favorece um ganho no tempo necessário para distinguir um dispositivo e absorver a sua mensagem, implicando, portanto, em um menor tempo de reação por parte do usuário, o que é tanto mais indispensável quanto maior for à complexidade da operação da via.

A tonalidade de cada uma dessas cores encontra-se na Norma NBR 14.644:2013 – Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos, que especifica as características mínimas para qualificação e aceitação das películas utilizadas na sinalização.

Complementando a padronização de cores, os diferentes sinais são dotados também de formas próprias, de modo a facilitar ainda mais sua identificação. Relacionam-se a seguir as diferentes categorias de sinais, considerando-se a conjunção de suas formas e cores.

- Círculo – forma da maior parte dos sinais de regulamentação, a cor branca em seu fundo e a cor vermelha em sua borda;
- Octógono regular – exclusivo do sinal Parada Obrigatória (R-1);
- Triângulo equilátero – exclusivo do sinal Dê a Preferência (R-2);
- Quadrado – forma da maior parte dos sinais de advertência, definida por diagonal na vertical, e fundo na cor amarela;

- Retângulo – forma dos sinais de indicação, sinais educativos e sinais de referência quilométrica, podem ter fundo nas seguintes cores: verde para localidades, azul para mensagens de nome de rodovias ou quilometro e branco para os educativos;

Sinais de regulamentação

Os sinais de regulamentação têm por objetivo notificar o usuário sobre as restrições, proibições e obrigações que governam o uso da via e cuja violação constitui infração prevista no capítulo XV do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), bem como notificar sobre a permissão de estacionar em determinado local.

Além da forma normalmente circular, da orla vermelha e do fundo na cor branca, os sinais de regulamentação possuem o símbolo ou legenda na cor preta, e ainda uma tarja diagonal vermelha no caso dos sinais de proibição.

As exceções já citadas são o sinal de Parada Obrigatória que, além da forma octogonal e fundo vermelho, possui legenda na cor branca, e o sinal Dê a Preferência, que se diferencia pela forma triangular.

As dimensões dos sinais variam em função das características da via, principalmente no tocante à sua velocidade de operação, de forma a possibilitar a percepção do sinal, a legibilidade e a compreensão de sua mensagem, por parte do usuário, dentro de um tempo hábil para que se realize a operação ditada por esta mensagem.

As dimensões dos sinais de regulamentação podem ser: do tipo I correspondentes a rodovias com velocidade de operação igual ou inferior a 60km/h e as do tipo II correspondentes à velocidade de operação superior a 60km/h. Outras dimensões também são admitidas, considerando as condições locais do trecho da rodovia, apresentando nas pranchas de projetos e detalhes.

Sinais de advertência

A sinalização vertical de advertência tem por finalidade alertar aos usuários as condições potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou adjacentes a ela, indicando a natureza dessas situações a frente, quer sejam permanentes ou eventuais.

Os sinais de advertência indicados em projeto possuem as formas e cores do Manual de Sinalização do CONTRAN, sendo sinais universalmente conhecidos e de fácil reconhecimento e entendimento por parte dos motoristas e pedestres.

Posicionamento dos sinais

Posicionamento Transversal: No tocante ao seu posicionamento transversal, as placas são colocadas normalmente à margem direita da via, dela guardando uma distância segura, porém dentro do cone visual do motorista, e voltados para o fluxo do tráfego, conforme apresentado na prancha de detalhe referente a esse documento.

Posicionamento Longitudinal: Os sinais de regulamentação têm seu posicionamento ao longo da via condicionado pela distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação que se está regulamentando.

A distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista até o sinal.

Quadro 8: Distância de visibilidade

Velocidade de Operação (km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	70
60	85
80	105
100	120
110	130

Dispositivos Auxiliares

Os Dispositivos Auxiliares, são elementos cuja função é proporcionar maior segurança ao usuário da via, alertando-o sobre situações de perigo, obras, serviços e eventos que possam comprometer a segurança viária. Para este projeto foram consideradas os seguintes normativos:

- DER-ES-SV-06-23 Tachas Refletivas;
- DER-ES-SV-08-23 Tachões Refletivos;
- Manual Contran – Volume VI Dispositivos Auxiliares (2022).

Tacha

A tacha proporciona ao condutor melhor percepção do espaço destinado à circulação, realçando a marca longitudinal e/ou marca de canalização e reforçando a visibilidade da sinalização horizontal em condições climáticas adversas, de forma a auxiliar o posicionamento do veículo na faixa de trânsito. É um dispositivo com elemento retro refletivo, aplicado diretamente no pavimento.

O elemento retrorrefletivo deve ter as seguintes cores:

- Branca: para ordenar fluxos de mesmo sentido;
- Amarela: para ordenar fluxos de sentidos opostos;
- Vermelha: utilizada em via rural de pista simples e sentido duplo de circulação junto à linha de bordo do sentido oposto.

Tachão

O tachão delimita ao condutor a utilização do espaço destinado à circulação, inibindo a transposição de faixa de trânsito ou a invasão de marca de canalização, devendo sempre estar associado a uma marca viária.

O corpo do tachão deve ser sempre de cor amarela. O elemento retrorrefletivo pode ter as seguintes cores:

- Branca – em zona neutra, para separar fluxos do mesmo sentido; •
- Amarela – em zona neutra, para separar fluxos de sentidos opostos.

Defensas Metálicas

São dispositivos de proteção contínua deformável, constituídos de estrutura metálica que possui forma, resistência e dimensões projetadas para conter e redirecionar veículos desgovernados. Estes dispositivos devem atender às especificações das normas técnicas da ABNT, conforme classificação de desempenho mediante ensaio de impacto.

Em trechos sem acostamento, a defesa metálica deve estar acompanhada de sinalização horizontal — linha de bordo, afastada no mínimo 1,00m da faixa de trânsito — admitindo-se um mínimo de 0,50m em via rural e via urbana, sendo que o terminal de defesa voltado para o fluxo veicular deve conter dispositivo de contenção pontual, conforme a necessidade de projeto e as características do local.



5. TERMO DE ENCERRAMENTO

O anteprojeto de pavimentação na rodovia PR-436, elaborado pela empresa Garden Consultoria Projetos e Gestão Ltda, contemplando 11,00 quilômetros de extensão, no trecho localizado entre os municípios de Ribeirão do Pinhal e Ibaiti foi considerado em condições de entrega e o presente Volume 1: Relatório de Anteprojeto, encerra-se nessa folha, página 46.