



BR 040 MG/RJ – BR 495/RJ
Volume 2 – Estudos de Engenharia
Tomo I – Cadastro Geral da Rodovia

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	3
2 MAPA DE SITUAÇÃO	8
3 CADASTRO GERAL DA RODOVIA	9
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS RODOVIAS	11
3.2 PAVIMENTO	16
3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM	25
3.4 OBRAS DE ARTE ESPECIAL	27
3.5 FAIXA DE DOMÍNIO	28
3.6 TERRAPLENOS E OBRAS DE CONTENÇÃO	28
3.7 SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA	29
3.8 EDIFICAÇÕES E INSTALAÇÕES OPERACIONAIS	31
3.9 SISTEMAS ELÉTRICOS E DE ILUMINAÇÃO	33
3.10 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS	34
3.11 SISTEMAS OPERACIONAIS E TI	34
3.12 COBERTURA DE TELEFONIA E INTERNET MÓVEL	34
3.13 TRAVESSIAS URBANAS	37
4 AEROLEVANTAMENTOS	38
4.1 RECOBRIMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO	38
4.2 APOIO TERRESTRE	44
4.3 AEROTRIANGULAÇÃO	49
4.4 GERAÇÃO DE MOSAICO SEMI-CONTROLADO	52
4.5 GERAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL	53
4.6 MONOGRAFIA DE MARCOS TOPOGRÁFICOS	54
5 TERMO DE ENCERRAMENTO	59

1 APRESENTAÇÃO

Este Relatório (“Volume 2 – Tomo I”) é parte integrante dos Estudos de Engenharia desenvolvidos para o Estudo de Viabilidade do Novo Programa Concessão da Rodovia Federal BR-040 nos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro e da Rodovia BR-495 no Estado do Rio de Janeiro, e descreve o Cadastro Geral da Rodovia que tem por objetivo promover e subsidiar os trabalhos a serem desenvolvidos ao longo de todo o período de concessão.

O trecho possui extensão total de 482,0 km, abrangendo os seguintes trechos:

- **Rodovia BR-040/MG - (Extensão: 287,40 km)**
Início: ENTR BR-356(A) (P/BELO HORIZONTE)
Final: DIV MG/RJ
Tipo de pista: Pavimentada em pista simples e dupla
- **Rodovia BR-040/RJ - (Extensão: 125,20 km)**
Início: DIV MG/RJ
Final: ENTR BR-116(B)/101(A) (TREVO DAS MISSÕES)
Tipo de pista: Pavimentada em pista dupla
- **Rodovia BR-040/RJ – Variante - (Extensão: 38,30 km)**
Início: ENTR BR-040 (FNM) (ENTR PISTA DIREITA)
Final: ENTR BR-040 (PONTE S/ RIO DA CIDADE)
Tipo de pista: Pavimentada em pista dupla
- **Rodovia BR-495/RJ - (Extensão: 31,10 km)**
Início: ENTR ESTRADA FRANCISCO SMOLKA
Final: ENTR BR-040 (ITAIPAVA)
Tipo de pista: Pavimentada em pista simples

A respectiva abrangência está detalhada por trecho no SNV – Sistema Nacional de Viação (versão 10/2020) na tabela apresentada na sequência.

Tabela 1 - Abrangência

RODOVIA	CÓDIGO SNV / SRE	TIPO DE TRECHO	LOCAL DE INÍCIO	LOCAL DE FIM	km INICIAL	km FINAL	EXTENSÃO (km)
BR-040/MG	040BMG0400	Eixo Principal	ENTR BR-356(A) (P/BELO HORIZONTE)	ENTR BR-356(B)	544	564,1	20,1
BR-040/MG	040BMG0410	Eixo Principal	ENTR BR-356(B)	ENTR MG-442 (P/BELOVALE)	564,1	598,4	34,3
BR-040/MG	040BMG0430	Eixo Principal	ENTR MG-442 (P/BELOVALE)	ACESSO CONGONHAS	598,4	612,3	13,9
BR-040/MG	040BMG0450	Eixo Principal	ACESSO CONGONHAS	ACESSO OURO BRANCO	612,3	616,2	3,9
BR-040/MG	040BMG0457	Eixo Principal	ACESSO OURO BRANCO	ENTR BR-383(A)	616,2	618	1,8
BR-040/MG	040BMG0470	Eixo Principal	ENTR BR-383(A)	ENTR BR-383(B)/482 (CONSELHEIRO LAFAIETE)	618	630,1	12,1
BR-040/MG	040BMG0490	Eixo Principal	ENTR BR-383(B)/482 (CONSELHEIRO LAFAIETE)	ENTR MG-275 (P/CARANDAÍ)	630,1	667,9	37,8
BR-040/MG	040BMG0510	Eixo Principal	ENTR MG-275 (P/CARANDAÍ)	ACESSO ALTO DOCE (INÍCIO PISTA DUPLA)	667,9	701,1	33,2
BR-040/MG	040BMG0520	Eixo Principal	ACESSO ALTO DOCE (INÍCIO PISTA DUPLA)	ENTR BR-265 (P/BARBACENA)	701,1	703,6	2,5
BR-040/MG	040BMG0530	Eixo Principal	ENTR BR-265 (P/BARBACENA)	ENTR MG-448	703,6	719,5	15,9
BR-040/MG	040BMG0550	Eixo Principal	ENTR MG-448	ENTR MG-452 (ACESSO OLIVEIRA FORTES - FIM PISTA DUP)	719,5	736,9	17,4
BR-040/MG	040BMG0565	Eixo Principal	ENTR MG-452 (ACESSO OLIVEIRA FORTES - FIM PISTA DUP)	ENTR BR-499 (SANTOS DUMONT)	736,9	744,4	7,5
BR-040/MG	040BMG0570	Eixo Principal	ENTR BR-499 (SANTOS DUMONT)	ENTR ANT UNIÃO E INDÚSTRIA (B. TRIUNFO)	744,4	776,1	31,7

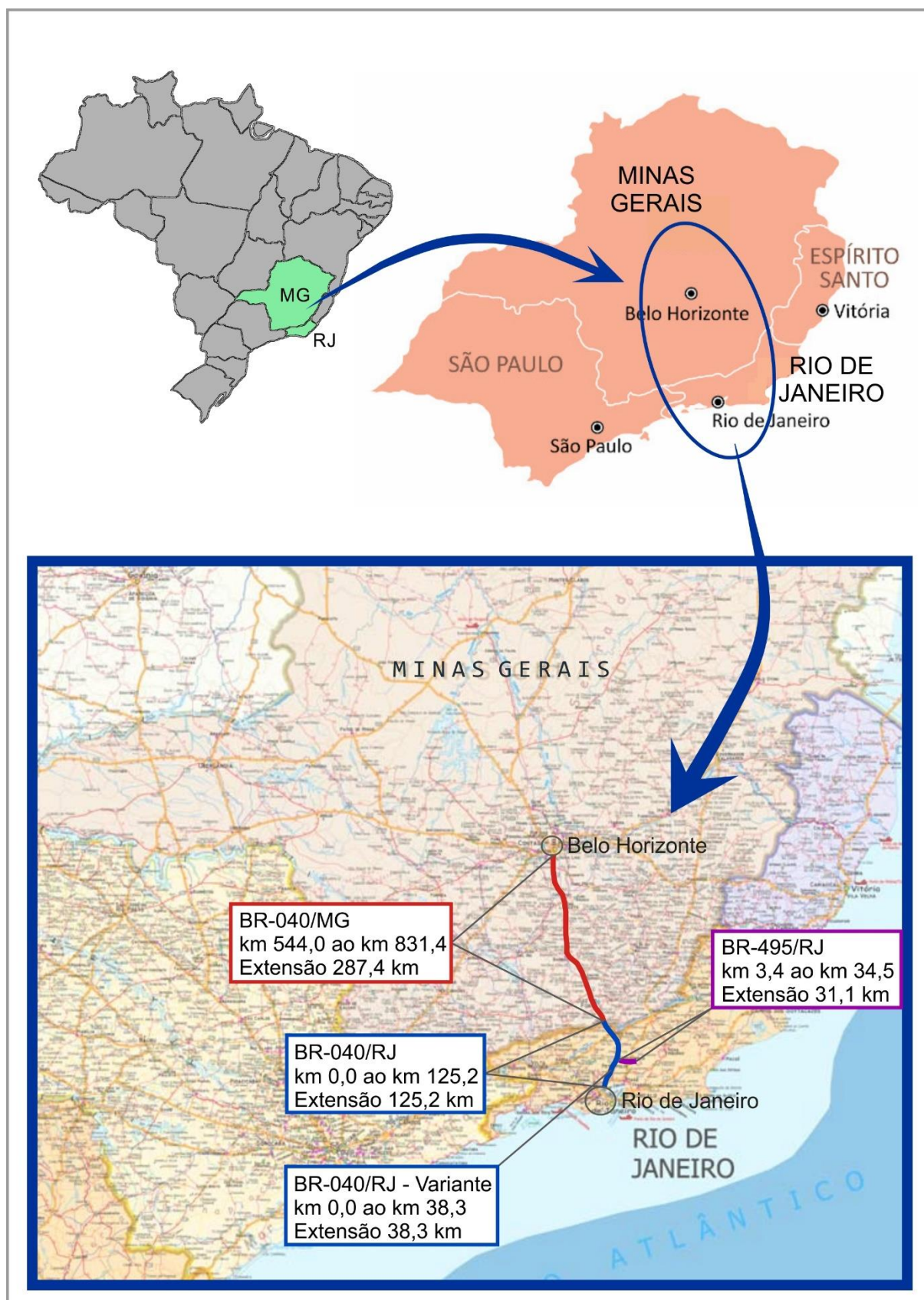
RODOVIA	CÓDIGO SNV / SRE	TIPO DE TRECHO	LOCAL DE INÍCIO	LOCAL DE FIM	km INICIAL	km FINAL	EXTENSÃO (km)
BR-040/MG	040BMG0580	Eixo Principal	ENTR ANT UNIÃO E INDÚSTRIA (B. TRIUNFO)	ENTR BR-267(A)	776,1	783,8	7,7
BR-040/MG	040BMG0590	Eixo Principal	ENTR BR-267(A)	ENTR BR-267(B)	783,8	787	3,2
BR-040/MG	040BMG0595	Eixo Principal	ENTR BR-267(B)	ENTR BR-440	787	792,5	5,5
BR-040/MG	040BMG0600	Eixo Principal	ENTR BR-440	ENTR MG-353(A) (P/JUIZ DE FORA)	792,5	801,7	9,2
BR-040/MG	040BMG0610	Eixo Principal	ENTR MG-353(A) (P/JUIZ DE FORA)	ENTR MG-353(B) (P/RIO PRETO)	801,7	805,1	3,4
BR-040/MG	040BMG0630	Eixo Principal	ENTR MG-353(B) (P/RIO PRETO)	P/MATIAS BARBOSA	805,1	812,5	7,4
BR-040/MG	040BMG0650	Eixo Principal	P/MATIAS BARBOSA	DIV MG/RJ	812,5	831,4	18,9
BR-040/RJ	040BRJ0670	Eixo Principal	DIV MG/RJ	TREVO LEVY GASPARIAN	0	7,4	7,4
BR-040/RJ	040BRJ0690	Eixo Principal	TREVO LEVY GASPARIAN	ENTR BR-393(A) (P/TRÊS RIOS)	7,4	21,7	14,3
BR-040/RJ	040BRJ0710	Eixo Principal	ENTR BR-393(A) (P/TRÊS RIOS)	ENTR BR-393(B) (TREVO MOURA BRASIL)	21,7	22,5	0,8
BR-040/RJ	040BRJ0730	Eixo Principal	ENTR BR-393(B) (TREVO MOURA BRASIL)	ENTR BR-492(A) (TREVO P/ AREAL)	22,5	39	16,5
BR-040/RJ	040BRJ0770	Eixo Principal	ENTR BR-492(A) (TREVO P/ AREAL)	ENTR BR-492(B) (PEDRO DO RIO)	39	51,7	12,7
BR-040/RJ	040BRJ0790	Eixo Principal	ENTR BR-492(B) (PEDRO DO RIO)	ACESSO BR-495 (ITAIPAVA)	51,7	58	6,3
BR-040/RJ	040BRJ0810	Eixo Principal	ACESSO BR-495 (ITAIPAVA)	TREVO P/ PETRÓPOLIS (BONSUCESSO)	58	62,5	4,5

RODOVIA	CÓDIGO SNV / SRE	TIPO DE TRECHO	LOCAL DE INÍCIO	LOCAL DE FIM	km INICIAL	km FINAL	EXTENSÃO (km)
BR-040/RJ	040BRJ0830	Eixo Principal	TREVO P/ PETRÓPOLIS (BONSUCESSO)	PONTE S/ RIO DA CIDADE	62,5	64	1,5
BR-040/RJ	040BRJ0850	Eixo Principal	PONTE S/ RIO DA CIDADE	ENTR RJ-117 (INÍCIO RODOVIA WASHINGTON LUÍS)	64	65,5	1,5
BR-040/RJ	040BRJ0870	Eixo Principal	ENTR RJ-117 (INÍCIO RODOVIA WASHINGTON LUÍS)	ACESSO BINGEN (ENTR PISTA INVERSA)	65,5	82,9	17,4
BR-040/RJ	040BRJ0890	Eixo Principal	ACESSO BINGEN (ENTR PISTA INVERSA)	BELVEDERE (ENTR PISTA INVERSA)	82,9	89	6,1
BR-040/RJ	040BRJ0910	Eixo Principal	BELVEDERE (ENTR PISTA INVERSA)	FNM (ENTR PISTA INVERSA)	89	102,1	13,1
BR-040/RJ	040BRJ0930	Eixo Principal	FNM (ENTR PISTA INVERSA)	ENTR BR-116(A)/493/RJ-109	102,1	108,8	6,7
BR-040/RJ	040BRJ0950	Eixo Principal	ENTR BR-116(A)/493/RJ-109	ENTR RJ-105	108,8	111,5	2,7
BR-040/RJ	040BRJ0970	Eixo Principal	ENTR RJ-105	ENTR RJ-103	111,5	117	5,5
BR-040/RJ	040BRJ0990	Eixo Principal	ENTR RJ-103	ENTR RJ-071/081 (LINHA VERMELHA)	117	124	7
BR-040/RJ	040BRJ0995	Eixo Principal	ENTR RJ-071/081 (LINHA VERMELHA)	ENTR BR-116(B)/101(A) (TREVO DAS MISSÕES)	124	125,2	1,2
BR-040/RJ	040VRJ1005	Variante	ENTR BR-040 (FNM) (ENTR PISTA DIRETA)	BELVEDERE (ENTR PISTA DIRETA)	0	12,3	12,3
BR-040/RJ	040VRJ1010	Variante	BELVEDERE (ENTR PISTA DIRETA)	PORTAL DE PETRÓPOLIS	12,3	19,4	7,1
BR-040/RJ	040VRJ1015	Variante	PORTAL DE PETRÓPOLIS	BINGEN (ENTR PISTA DIREITA)	19,4	21,9	2,5
BR-040/RJ	040VRJ1020	Variante	BINGEN (ENTR PISTA DIREITA)	ENTR RJ-117	21,9	36,9	15

RODOVIA	CÓDIGO SNV / SRE	TIPO DE TRECHO	LOCAL DE INÍCIO	LOCAL DE FIM	km INICIAL	km FINAL	EXTENSÃO (km)
BR-040/RJ	040VRJ1025	Variante	ENTR RJ-117	ENTR BR-040 (PONTE S/ RIO DA CIDADE)	36,9	38,3	1,4
BR-495/RJ	495BRJ0015	Eixo Principal	ENTR ESTRADA FRANCISCO SMOLKA	ENTR 040ARJ10(A) (ITAIPAVA)	3,4	33,4	30
BR-495/RJ	495BRJ0020	Eixo Principal	ENTR 040ARJ10(A) (ITAIPAVA)	ENTR 040ARJ10(B) (ITAIPAVA)	33,4	34,4	1
BR-495/RJ	495BRJ0030	Eixo Principal	ENTR 040ARJ10(B) (ITAIPAVA)	ENTR BR-040 (ITAIPAVA)	34,4	34,5	0,1

2 MAPA DE SITUAÇÃO

Figura 1: Mapa de Situação.



3 CADASTRO GERAL DA RODOVIA

O cadastro geral da rodovia tem como objetivo o levantamento e identificação dos elementos do sistema rodoviário existente, de forma a possibilitar o diagnóstico da situação atual, e permitir o planejamento das fases posteriores de proposição e quantificação de intervenções dos trabalhos iniciais, recuperação, ampliação de capacidade, melhorias e conservação, subsidiando os estudos de viabilidade para a estruturação da concessão.

Neste relatório são apresentados os itens cadastrados, as metodologias e os procedimentos considerados para a obtenção dos cadastros dos elementos constituintes do sistema rodoviário em estudo.

Ressalva-se que conforme disposto no contrato, o vídeo registro subsidiou vários cadastros realizados por levantamento visual contínuo.

Todos os levantamentos realizados encontram-se amarrados por coordenadas geográficas. Também há uma amarração com a quilometragem da pista, definida a partir do km inicial de cada SNV.

Os itens cadastrados são apresentados nos seguintes anexos:

Anexo 1.1	Características Físicas das Rodovias - Pista
Anexo 1.2	Características Físicas das Rodovias - Acessos
Anexo 1.3	Características Físicas das Rodovias - Faixas adicionais
Anexo 1.4	Características Físicas das Rodovias – Interseções e Retornos
Anexo 1.5	Características Físicas das Rodovias - Degraus
Anexo 1.6	Características Físicas das Rodovias - Velocidade Regulamentada
Anexo 1.7	Características Físicas das Rodovias – Marginais
Anexo 1.8	Características Físicas das Rodovias – Acostamentos
Anexo 1.9	Características Físicas das Rodovias – Passeios
Anexo 1.10	Características Físicas das Rodovias – Ramos
Anexo 1.11	Características Físicas das Rodovias – Canteiros Gramados
Anexo 1.12	Características Físicas das Rodovias – Geometria Horizontal
Anexo 1.13	Características Físicas das Rodovias – Geometria Vertical
Anexo 2.1	Pavimento - IGG
Anexo 2.2	Pavimento - IRI

Anexo 2.3	Pavimento - FWD
Anexo 2.4	Pavimento - ATR
Anexo 3.0	Sistemas de Drenagem - Drenagem Superficial
Anexo 4.0	Sistemas de Drenagem - Drenagem Profunda e OAC
Anexo 5.1	OAE - Obras de Arte Especiais
Anexo 5.2	Obras de Arte Especiais - Passarelas
Anexo 6.1	Faixa de Domínio – Larguras
Anexo 6.2	Faixa de Domínio – Cercas
Anexo 7.0	Terraplenos e Obras de Contenção
Anexo 8.1	Sinalização Horizontal Linear
Anexo 8.2	Sinalização Horizontal Pontual
Anexo 8.3	Sinalização Vertical
Anexo 8.4	Dispositivos de Segurança
Anexo 8.5	Travessias de Pedestres em Nível
Anexo 9.1	Edificações Civas
Anexo 9.2	Edificações e Instalações Operacionais
Anexo 9.3	Pontos de Ônibus
Anexo 9.4	Interferências
Anexo 10.0	Sistemas Elétricos e de Iluminação
Anexo 11.0	Sistemas Operacionais e TI
Anexo 12.0	Acidentes Rodoviários
Anexo 13.0	Projetos e Obras em Curso
Anexo 14.0	Telefonia e Internet Móvel
Anexo 15.1	Travessias Urbanas
Anexo 15.2	Municípios
Anexo 16.1	Investigações Geotécnicas - Sondagens a Percussão
Anexo 16.2	Investigações Geotécnicas - Estrutura dos Pavimentos Existentes - Poços de Inspeção
Anexo 16.3	Investigações Geotécnicas - Estrutura dos Pavimentos Existentes – Ensaios
Anexo 16.4	Investigações Geotécnicas – Jazidas, Areais e Pedreiras
Anexo 17.0	Amarração

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS RODOVIAS

No que tange as características físicas das rodovias, identificou-se e conseqüentemente foram cadastrados, os seguintes itens: pista, acessos, faixas adicionais, interseções, retornos, degraus, velocidade regulamentada, marginais, acostamentos, passeios, ramos e canteiros gramados.

As informações de características físicas encontram-se apresentados nos anexos 1.1 a 1.11.

3.1.1 Pista

O levantamento da caracterização da pista das rodovias foi realizado através do levantamento visual contínuo, considerando o início e fim da pista, a quantidade de faixas e o tipo de separação da pista (sinalização horizontal, canteiro central ou barreira de concreto).

Tabela 2 – Resumo das extensões das pistas

PISTA	EXTENSÃO (km)
Binário	60,26
Multivias	146,19
Pista Dupla	230,46
Pista Simples	45,09
Extensão Total do Eixo	482,00

3.1.2 Acessos

O levantamento dos acessos foi realizado através do levantamento visual contínuo, sendo cadastrados a localização, lado e tipo de superfície.

3.1.3 Faixas Adicionais

O cadastro das extensões e localizações das faixas adicionais das rodovias foi realizado através do levantamento visual contínuo.

Tabela 3 – Resumo das faixas adicionais

LARGURA (m)	EXTENSÃO (m)	ÁREA (m²)
3,60	54.665,00	196.794,00

3.1.4 Interseções e Retornos

O cadastro das interseções e retornos foi realizado por meio do levantamento visual contínuo, durante o qual foram verificadas características de cada elemento, gerando um banco de dados com a localização e descrição de cada dispositivo.

As interseções e retornos existentes no sistema rodoviário serão identificados no diagrama unifilar de cada rodovia, mostrando o tipo e a localização de cada dispositivo.

Tabela 4 – Resumo do cadastramento das interseções e retornos

TIPO	QUANTIDADE (unid.)
Cruzamento	3
Diamante	3
Interseção de Quatro Ramos	1
Interseção de Três Ramos	2
Passagem Inferior	52
Passagem Superior	6
Retorno	47
Rotatória	10
Trevo Completo	6
Trevo Parcial	3
Trombeta	10
TOTAL	143

3.1.5 Degraus

O levantamento da altura dos degraus existentes entre faixa de rolamento e acostamento foi realizado em conjunto com os levantamentos de pavimento, sendo considerados lado, início, final e altura.

3.1.6 Velocidade Regulamentada

O cadastro das velocidades regulamentadas foi realizado por meio do levantamento visual contínuo, sendo considerado o início e o fim de cada segmento regulamentado.

3.1.7 Marginais

O cadastro das marginais foi realizado por meio do levantamento visual contínuo, sendo considerado o início e o fim da marginal.

Tabela 5 – Resumo das marginais

LARGURA (m)	EXTENSÃO (m)	ÁREA (m ²)
7,00	21.385,00	149.695,00
8,00	20.954,00	167.632,00
10,00	26.686,00	266.860,00
TOTAL	69.025,00	584.187,00

3.1.8 Acostamentos

O cadastro dos acostamentos foi realizado por meio do levantamento visual contínuo. Todos os acostamentos cadastrados são do tipo pavimentados, sendo considerado a localização e a largura do acostamento interno e externo.

Tabela 6 – Resumo os acostamentos

LARGURA - ACOST. EXTERNO (m)	LARGURA - ACOST. INTERNO (m)	EXTENSÃO (m)	ÁREA - ACOST. EXTERNO (m ²)	ÁREA - ACOST. INTERNO (m ²)
0,20	-	62.068,00	12.413,60	0,00
0,30	-	59.830,00	17.949,00	0,00
0,40	-	301.070,00	120.428,00	0,00
0,60	0,60	2.082,00	1.249,20	1.249,20
2,00	-	36.324,00	72.648,00	0,00
2,50	-	37.828,00	94.570,00	0,00
2,50	0,60	447.070,00	1.117.675,00	268.242,00
3,00	0,60	38.380,00	115.140,00	23.028,00
TOTAL		984.652,00	1.552.072,80	292.519,20

3.1.9 Passeios

O cadastro dos passeios foi realizado por meio do levantamento visual contínuo, sendo considerado o início e o fim de cada passeio.

Tabela 7 – Resumo dos passeios

LARGURA (m)	EXTENSÃO (m)	ÁREA (m²)
1,20	842,00	1.010,40
1,60	5.918,00	9.468,80
2,00	9.256,00	18.512,00
2,40	942,00	2.260,80
2,50	12.777,00	31.942,50
2,60	2.978,00	7.742,80
3,00	18.127,00	54.381,00
3,20	597,00	1.910,40
TOTAL	51.437,00	127.228,70

3.1.10 Ramos

O levantamento dos ramos foi realizado por meio do levantamento visual contínuo, sendo considerada a localização de cada ramo.

Tabela 8 – Resumo dos ramos

LARGURA (m)	EXTENSÃO (m)	ÁREA (m²)
3,60	46.445,00	167.202,00
5,00	12.783,00	63.915,00
6,00	700,00	4.200,00
7,00	18.165,00	127.155,00
7,20	4.915,00	35.388,00
8,00	60,00	480,00
9,00	305,00	2.745,00
10,00	200,00	2.000,00
11,00	4.395,00	48.345,00
TOTAL	87.968,00	451.430,00

3.1.11 Canteiros Gramados

O cadastro dos canteiros gramados foi realizado por meio do levantamento visual contínuo, sendo considerado o início e o fim de cada canteiro gramado.

Tabela 9 – Resumo dos canteiros gramados

LARGURA (m)	EXTENSÃO (m)	ÁREA (m²)
4,00	1.950,00	7.800,00
5,00	3.660,00	18.300,00
6,00	8.510,00	51.060,00
7,00	17.050,00	119.350,00
8,00	6.240,00	49.920,00
8,50	200,00	1.700,00
10,00	11.525,00	115.250,00
12,00	11.690,00	140.280,00
14,00	670,00	9.380,00
15,00	200,00	3.000,00
20,00	6.185,00	123.700,00
25,00	14.080,00	352.000,00
30,00	500,00	15.000,00
35,00	360,00	12.600,00
70,00	1.150,00	80.500,00
TOTAL	83.970,00	1.099.840,00

3.1.12 Geometria Horizontal

O cadastro da geometria horizontal da rodovia foi realizado com base na reconstituição planialtimétrica do eixo de traçado, realizado sobre a base topográfica dos aerolevantamentos (ortofotos e MDT).

A reconstituição geométrica foi elaborada no software Autodesk AutoCAD Civil3D, com os dados principais apresentados de forma planilhada no respectivo anexo dos cadastros.

3.1.13 Geometria Vertical

O cadastro da geometria vertical da rodovia foi realizado com base na reconstituição planialtimétrica do eixo de traçado, realizado sobre a base topográfica dos aerolevantamentos (ortofotos e MDT).

A reconstituição geométrica foi elaborada no software Autodesk AutoCAD Civil3D, com os dados principais apresentados de forma planilhada no respectivo anexo dos cadastros.

3.2 PAVIMENTO

Para os estudos das condições funcionais e estruturais dos pavimentos foram realizados levantamentos segundo os seguintes normativos do DNIT:

- DNIT 005/2003-TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos;
- DNIT 006/2003-PRO - Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos;
- DNER PRO 182/94 – Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter;
- DNER PRO 273/96 – Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer – FWD”.

A seguir serão apresentados as metodologias e os equipamentos utilizados para a execução dos levantamentos da condição do pavimento existente. Os anexos “2.1” a “2.4” trazem todas as planilhas referentes às medições de IGG, IRI, FWD e ATR.

3.2.1 Índice de Gravidade Global – IGG

Avaliação Objetiva tem como finalidade realizar o levantamento da condição de superfície dos pavimentos, buscando identificar os defeitos porventura existentes e, como resultado, gera um parâmetro para o segmento definido como o Índice de Gravidade Global (IGG).

Todos os levantamentos foram realizados com veículos de apoio identificados (logotipo) e com sinalização de segurança intermitente. As avaliações foram realizadas conforme a metodologia indicada na Norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento). Para a localização no campo, foram utilizados os marcos quilométricos e a marcação de bordo quando existentes.

Na Tabela 10 e Tabela 11 são apresentados os defeitos considerados na avaliação objetiva, para cada estação de análise.

Figura 2: Automóvel de Apoio.



Tabela 10: Defeitos Considerados (Trincamento).

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-		FC-3

Tabela 11: Defeitos considerados (outros defeitos).

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
“Panelas” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos			Remendo Superficial	RS
			Remendo Profundo	RP

Nas planilhas de cálculo de IGG e planilhas resumo por STH apresentadas é indicado um conceito para o segmento com relação aos defeitos de superfície. Este conceito foi definido conforme as fronteiras apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12: Conceito da degradação de superfície pelo IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

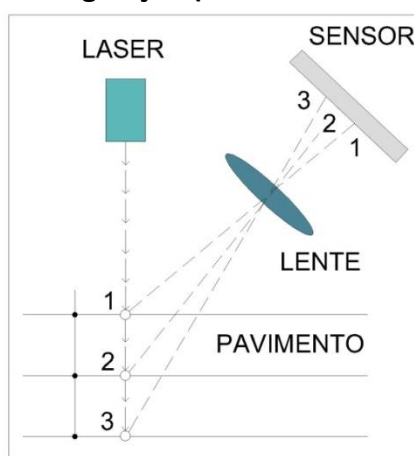
3.2.2 Irregularidade longitudinal (IRI) e Afundamentos por trilhas de roda (ATR)

O Perfilômetro Laser (Barra Laser) trata-se de um sistema de medição do perfil longitudinal de um pavimento rodoviário realizado com o auxílio de medidores de distância sem contato (a laser), medidores de aceleração vertical do veículo (acelerômetros), de um sistema preciso de medição de deslocamento/velocidade, tudo gerenciado por um sistema micro processado, que coordena a aquisição dos dados e os envia a um computador portátil, em tempo real, através de uma porta do tipo USB.

O sistema é capaz de realizar as medições no período noturno à frequência de aproximadamente 4.000 medidas por segundo (em cada um dos sensores). A velocidade de deslocamento do veículo pode variar durante as medições e não tem um limite superior, o que permite – de acordo com as condições de segurança – que o levantamento seja realizado a 120 km/h, por exemplo. Recomenda-se, entretanto, que os levantamentos sejam realizados a velocidades superiores a 40 km/h.

Os medidores de distância a laser funcionam por triangulação (Figura 1), ou seja, um feixe laser de média potência que é apontado perpendicularmente ao pavimento, tem sua posição registrada por um sensor especial, para o qual o reflexo do laser no pavimento é direcionado. Na Figura 3 Figura 3: Triangulação (medidores de distâncias).é possível entender o funcionamento deste tipo de medidor. Os pontos 1, 2 e 3 representam distâncias possíveis do veículo até o pavimento e sua representação no sensor especial.

Figura 3: Triangulação (medidores de distâncias).



Cada um dos medidores de distância laser tem internamente um sistema eletrônico microcontrolado, que gerencia a execução e a transmissão dos dados de cada medida, de acordo com as solicitações do sistema gerenciador. O curso útil de cada sensor é de 200 mm e a sensibilidade das medidas é de 0,2 mm.

Os sensores de aceleração vertical ficam instalados dentro de dois dos sensores laser e são responsáveis pelo registro, realizado na mesma frequência com que se realizam as medições de distância, da aceleração vertical do veículo. Essa informação, depois de processada permitirá conhecer a posição relativa do veículo ao longo de todo o levantamento, o que permite a correção das medidas de todos os sensores, que é o perfil entregue pelo equipamento.

O sistema de medição do deslocamento do veículo é composto de um sensor que é acoplado à roda do veículo e que gera 1200 pulsos por rotação, permitindo o acompanhamento preciso do deslocamento e conseqüentemente da velocidade.

O sistema gerenciador é o sistema eletrônico microcontrolado ao qual todos os sensores (laser, aceleração e deslocamento) são conectados. Esse sistema controla a requisição/recebimento das informações a cada um dos sensores e consolida tais informações para o envio ao computador.

Instalação

Os primeiros passos para a instalação do equipamento no veículo de passeio que será destinado à realização das medições são: a fixação do suporte traseiro, a fixação do suporte do sistema de medição de distância em uma das rodas traseiras e por fim a conexão de um cabo para a alimentação do sistema à bateria do veículo.

Com a montagem básica descrita acima, o técnico de campo acompanhado de um motorista deve se dirigir ao trecho a ser levantado para então finalizar a montagem do equipamento. É neste momento que deve ser fixada ao veículo a viga que servirá de suporte aos sensores e que pode ser montada num comprimento adequado às medidas pretendidas, que varia de 200 a 300 cm.

Com a viga posicionada, devem ser posicionados e fixados os 5 sensores em posições que respeitem as características da via e das informações que se pretende extrair. Em seguida deve ser fixado o sensor de descolamento no suporte da roda e por fim devem ser conectados os cabos no sistema de gerenciamento.

O sistema é ligado e seu funcionamento é verificado através do computador. Estando todas as partes operando sem erros, é realizada a calibração dos sensores em relação a um plano imaginário nivelado, com o auxílio de um dispositivo especial e o equipamento está pronto para a realização das medições.

Operação

A operação do equipamento deve ser feita em dias sem chuva, por um operador técnico e um motorista. Durante um levantamento realizado com o equipamento, o operador é capaz de visualizar na tela do software se todo o sistema está funcionando corretamente. A qualquer momento o software permite que se abra um arquivo no qual as informações de todos os sensores serão continuamente gravadas.

O software permite a suspensão temporária das medições (durante uma ultrapassagem, por exemplo), sem que haja prejuízo para a medição da distância percorrida, que continua a ser realizada. Durante o levantamento o operador técnico pode registrar no sistema observações que julgar pertinentes, tais como a passagem por obras de arte, que podem apresentar posteriormente valores de irregularidade destoantes daqueles calculados para trechos anteriores e posteriores.

Processamento dos Dados

Finalizada a coleta de dados de campo (pulsos eletrônicos), os arquivos com os registros devem ser processados por algoritmos específicos para que, levando-se em conta os dados da aceleração, possam ser obtidos os perfis levantados por cada um dos sensores.

Determinados os perfis, tais dados são novamente processados para que se determine o QI/IRI e os afundamentos plásticos em uma ou em ambas as trilhas de roda - ATR, conforme o caso.

Equipamento

O Perfilômetro Laser Pavesys pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4: Perfilômetro Barra Laser (2020).

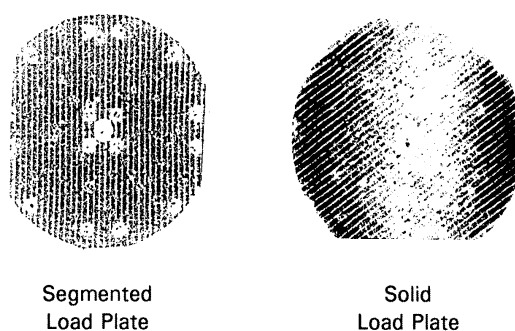


3.2.3 LEVANTAMENTOS DEFLECTOMÉTRICOS (FWD)

Os Levantamentos Deflectométricos são realizados com o emprego do Falling Weight Deflectometer (FWD), que é um deflectômetro de impacto projetado para simular o efeito de cargas de roda em movimento. Isto é obtido pela queda de um conjunto de massas, a partir de alturas pré-fixadas, sobre um sistema de amortecedores de borracha, que transmitem a força aplicada a uma placa circular apoiada no pavimento. Destaca-se que os ensaios para a determinação das deflexões são realizados tendo em vista as especificações da norma rodoviária DNER PRO-273/96.

Uma placa segmentada (4 partes) com diâmetro de 30 cm é utilizada para distribuir uniformemente o impulso na superfície. Uma placa com estas características permite distribuir uniformemente a pressão em uma grande variedade de superfícies irregulares. Isto é importante porque o software de análise estrutural assume que a pressão é uniformemente distribuída sob a placa de carga. Na Figura 5 é apresentada a área de contato em uma placa segmentada e em uma placa rígida. É possível observar a diferença na distribuição de cargas em uma superfície irregular. O sistema de medição do deslocamento do veículo é composto de um sensor que é acoplado à roda do veículo e que gera 1200 pulsos por rotação, permitindo o acompanhamento preciso do deslocamento e consequentemente da velocidade.

Figura 5: Distribuição da Carga (placa segmentada x placa não segmentada)



Um pulso de carga é a força gerada pelo peso caindo e aplicado ao pavimento causando uma deformação na superfície do pavimento. Um impulso de carga é gerado da seguinte forma: O conjunto do prato e o peso são baixados até a superfície do pavimento. A armação suporta a montagem da placa e do peso perpendicular à superfície do pavimento.

O peso é elevado a uma altura predeterminada, dependendo da magnitude da força necessária.

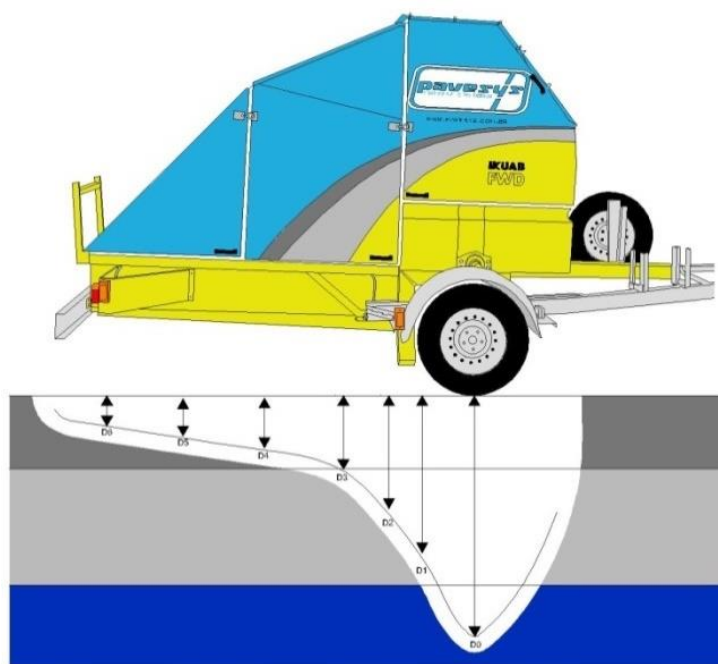
A queda do peso é liberada e cai sobre o amortecedor de borracha situado no topo do peso médio. O pulso de carga resultante é transmitido através do buffer superior, peso médio, amortecedores mais baixos, placa de carga, placas de borracha e finalmente para o pavimento.

Uma variedade de parâmetros, incluindo os desvios de superfície, carga aplicada, temperatura do ar, temperatura da superfície do pavimento, GPS e distância são medidos em cada ponto de ensaio.

Um transdutor de pressão que mede a pressão do óleo da carga hidráulica a distribuição de placa mede a carga aplicada. Um sensor instalado no exterior mede a temperatura do ar. Um termômetro mede a temperatura da superfície do pavimento com infravermelho.

Figura 6 apresenta uma representação esquemática da linha de influência gerada pelo equipamento.

Figura 6: Representação Esquemática da Linha de Influência – FWD



Equipamento Utilizado

No intuito de obter as deflexões do pavimento com rapidez e elevado nível de confiabilidade, foi utilizado nos estudos um deflectômetro de impacto, modelo KUAB FWD 50, o qual preenche todos os requisitos constantes nas especificações ASTM D-4695 e D-4695. Este sistema permite a determinação da bacia de deflexão a partir da leitura das deformações recuperáveis em 7 (sete) pontos.

As distâncias dos sensores ao centro da placa de carga são fixadas visando maximizar a acurácia em função da estrutura do pavimento ensaiado, procurando-se posicioná-los de forma

que as deflexões neles registradas reflitam a contribuição das diversas camadas na deformabilidade total do pavimento e definam completamente a geometria da bacia.

Neste estudo foram empregados os seguintes espaçamentos:

- Pavimento asfáltico: 0; 20; 30; 45; 60; 90; 120 (em centímetros).
- O ponto “0” está sob o prato de carga do sensor D1.

O FWD KUAB 50 tem os seguintes opcionais acoplados a sua estrutura:

- Medidor de distância (odômetro digital) com resolução de 1,0 m;
- Medidor automático de temperatura do ar e do pavimento, conectado ao processador 9000 SP, com resolução de 0,5°C e acurácia de +/- 1°C (entre -18°C e +70°C);
- GPS de precisão métrica com coordenadas geográficas em cada ensaio.

Na figura 7 é apresentado o equipamento FWD utilizado pela Pavesys Engenharia nas avaliações.

Figura 7: Equipamento FWD Pavesys



3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM

O cadastro dos dispositivos de drenagem superficial foi realizado mediante levantamento visual contínuo que permitiram definir a localização e estado de conservação dos elementos. A subdivisão do cadastro foi realizada por SNV.

3.3.1 Drenagem Superficial

Para dispositivos de Drenagem Superficial, foram registrados os seguintes elementos:

- Sarjetas;
- Meios-fios;
- Valas;
- Saídas d'água;
- Caixas Coletoras
- Descidas d'água;
- Bocas de lobo.

Quanto ao estado de conservação foi utilizado o seguinte critério:

Bom: estado de conservação aprovado, em estado perfeito.

Regular: estado de conservação aprovado com restrições, mas que não implicam na perda de funcionalidade do dispositivo, tais como pequenos defeitos em placas e juntas;

Ruim: estado de conservação desaprovado, como placa quebrada, sarjetas com segmento degradado, sinalização horizontal apagada.

3.3.2 Drenagem Profunda e Obras de Arte Correntes

Para o cadastro de bueiros foram utilizados os seguintes critérios:

Quanto à forma da seção: tubulares, celulares, elipsoides, ovóides ou arco.

Quanto ao número de linhas: simples (uma linha de tubo), duplo (duas linhas de tubos) e triplo (três linhas de tubos);

Quanto aos materiais com os quais são construídos: concreto, pedra argamassada, chapa metálica ou PEAD.

Quanto ao estado de conservação:

Vestígios de NA acima do tubo: se existem vestígios de que a seção hidráulica é insuficiente e o nível d'água tem se elevado em cota superior ao da estrutura;

Brejo: referente ao terreno alagado e/ou solo mole;

Presença de erosão: referente ao solo adjacente aos dispositivos de entrada e saída;

Brejo: referente ao terreno alagado e/ou solo mole;

Assoreamento: depósito de material interior ao dispositivo;

Seção Estrangulada: referente a obstrução do dispositivo seja por assoreamento ou acúmulo de lixo.

Corpo trincado: Pequenas fissuras ao longo da estrutura;

Corpo quebrado: Estrutura quebrada.

Foram obtidos registros em apenas uma das extremidades dos bueiros.

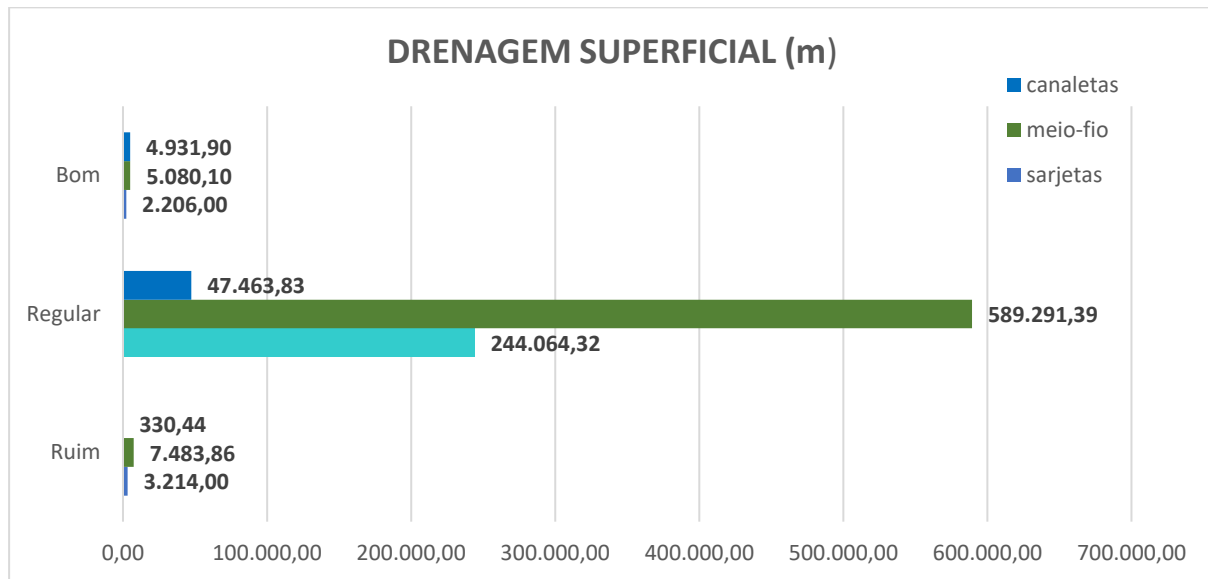
Os tipos de dispositivos em cada rodovia estão apresentados na planilha a seguir:

Tabela 13 – Dispositivos de Drenagem Superficial

Dispositivo	BR-040/MG	BR-040/RJ	BR-040/RJ_Variante	BR-495	TOTAL
Meio-fio	330.743,34 m	213.980,28 m	32.069,81 m	30.221,92 m	607.015,35 m
Sarjetas	207.511,32m	44.464,00 m	363,00 m	138,41 m	252.490,32 m
Canaletas	33.631,28 m	13.860,21 m	4.756,68 m	596,00 m	53.636,14 m
Bocas de Lobo	956 un	133 un	10 un	20 un	1119 un
Caixas Coletoras	722 un	265 un	120 un	161 un	1268 un
Descidas d'água	304 un	172 un	51 un	239 un	766 un

O gráfico abaixo apresenta os dispositivos lineares cadastrados e o estado de conservação observados.

Figura 8: Estado de Conservação da Drenagem Superficial



3.4 OBRAS DE ARTE ESPECIAL

O cadastro de Obras de Arte Especiais foi elaborado com base em informações cadastrais fornecidas pelo IFC, nas quais estão incluídas vistorias realizadas pelas atuais concessionárias e pelo DNIT.

Os cadastros datam de 2018, e se tratando de estruturas de concreto armado, as informações são consideradas adequadas para o estudo atual.

Os dados são apresentados no Anexo 5.1. Tal material consiste em cadastramento da estrutura quanto a suas características geométricas, além de informações construtivas e estado de conservação da OAE. Em todas as inspeções são fornecidas avaliações visuais da estrutura, nos moldes dos procedimentos vigentes para este tipo de inspeção.

Tabela 14 – Resumo do cadastramento das obras de arte especial

TIPO	QUANTIDADE (unid.)
Passagem Subterrânea	8
Ponte	81
Túnel	3
Viaduto sobre ferrovia	11
Viaduto sobre rodovia / rua	123
TOTAL	226

3.5 FAIXA DE DOMÍNIO

Os elementos cadastrados para faixa de domínio foram a largura da faixa de domínio e cercas existentes.

3.5.1 Largura da Faixa de Domínio

As informações acerca da largura da faixa de domínio das rodovias foram obtidas através de dados fornecidos pelas concessionárias atuais e dados fornecidos pelo DNIT, através do site do VGEO (Visualizador de Informações Geográficas do DNIT).

As informações obtidas foram verificadas através das imagens dos aerolevantamentos realizados.

O anexo 6.1 apresenta a tabela com as larguras das faixas de domínio. Os projetos funcionais desenvolvidos também apresentam essa informação.

3.5.2 Cercas

O cadastro das cercas foi realizado por meio do levantamento visual contínuo. Foram cadastrados o início e final das cercas existentes, lado da rodovia e o estado de conservação. O cadastro de cercas é apresentado no Anexo 6.2.

Tabela 15 – Resumo das extensões das cercas

TIPO	EXTENSÃO (m)
Alambrado	13.172,00
Cerca	112.129,00
Muro de Alvenaria	13.409,00
Muro de Concreto	1.933,00
Tapume	171,00
TOTAL	140.814,00

3.6 TERRAPLENOS E OBRAS DE CONTENÇÃO

O cadastro de obras de contenção e terraplenos foi elaborado com base em informações cadastrais fornecidas pelo IFC, nas quais estão inclusas vistorias realizadas pelas atuais concessionárias e pelo DNIT.

Os cadastros datam de 2018, sendo considerados adequados para o estudo atual. As informações foram validadas e complementadas em campo, através de vistorias realizadas em campo.

O cadastro realizado teve o intuito de localizar e quantificar as obras de contenções existentes e avaliar a situação atual dos dispositivos, levando em consideração aspectos como extensão, tipo e condição atual da obra.

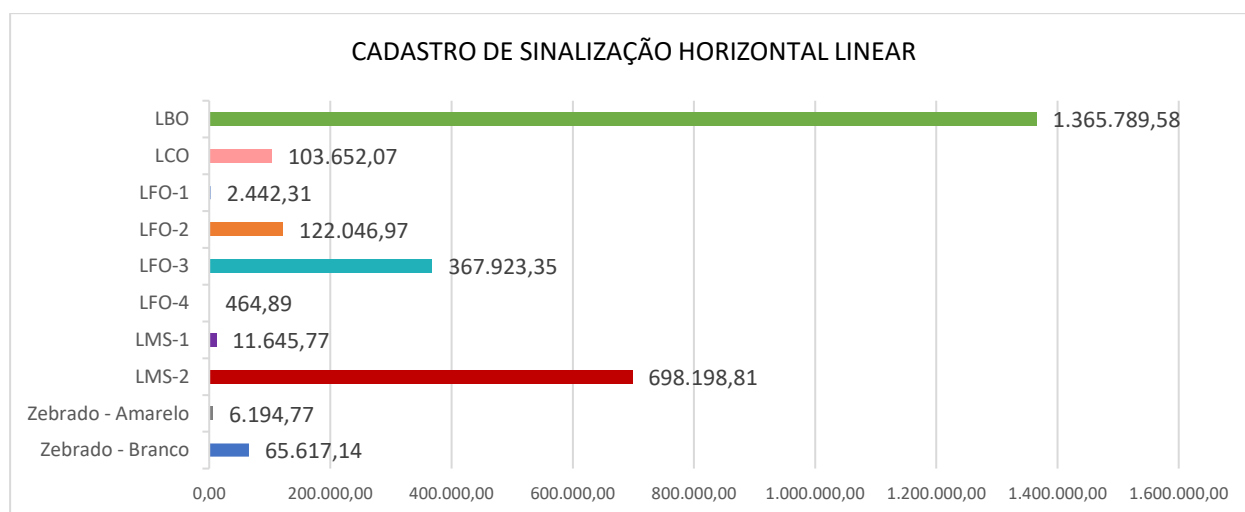
3.7 SINALIZAÇÃO E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA

O levantamento da sinalização e dispositivos de proteção e segurança da pista das rodovias foi realizado através do levantamento visual contínuo.

3.7.1 Sinalização Horizontal Linear

Os elementos cadastrados na sinalização horizontal linear consistem em linhas de bordo, eixo, linhas de continuidade etc., ou seja, todas as faixas pintadas longitudinalmente à rodovia

Figura 9: Quantidades de Elementos Lineares por Tipo



Convenções:

LBO – Linha de borda de pista

LCO (Linha de Continuidade)

LFO – 1 (Linha Simples Contínua)

LFO – 2 (Linha Simples Seccionada)

LFO – 3 (Linha Dupla Contínua)

LFO – 4 (Linha Contínua / Seccionada)

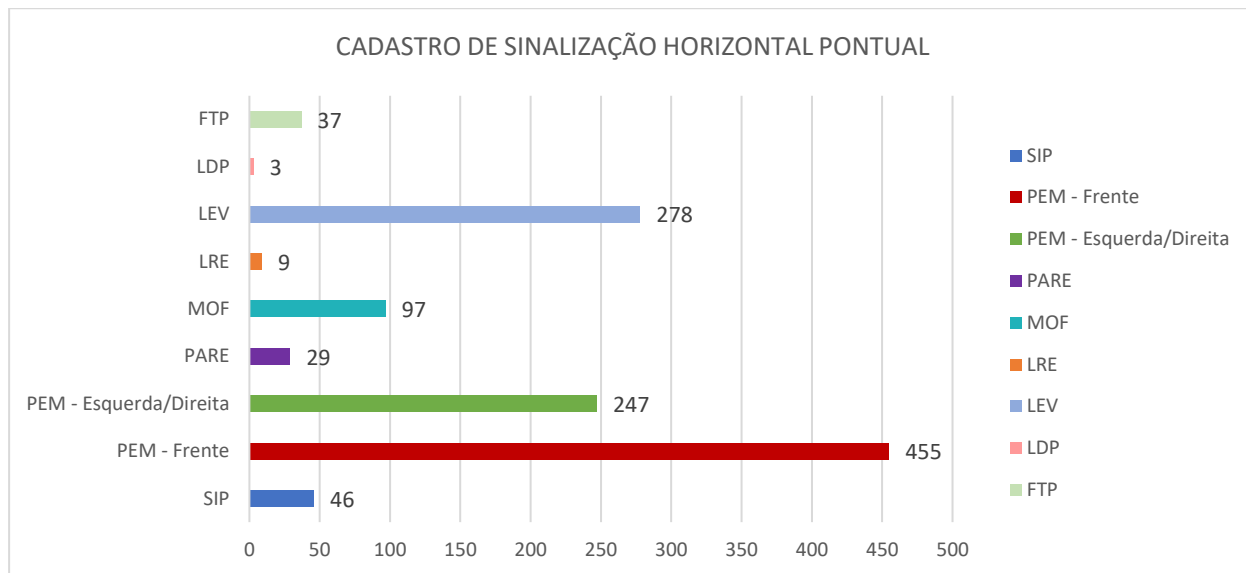
LMS-1 (Linha Simples Contínua)

LMS-2 (Linha Simples Seccionada)

3.7.2 Sinalização Horizontal Pontual

Na sinalização horizontal pontual foram cadastradas as seguintes marcas viárias:

Figura 10: Quantidades de Elementos Pontuais por Tipo



Convenções:

FTP (Faixa de travessia de pedestres)

LDP (Linha de “Dê a Preferência”)

LEV (Linhas de Estímulo a Redução de Velocidade)

LRE (Linha de Retenção)

MOF (Mudança Obrigatória de Faixa)

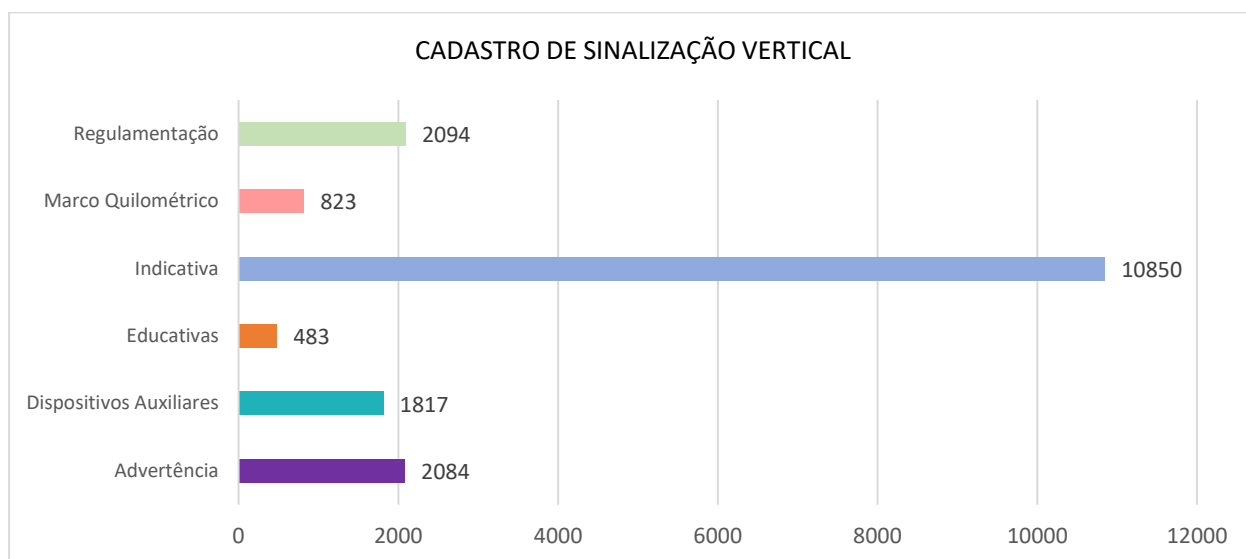
PEM (Setas indicativas de posicionamento na pista para a execução de movimentos)

SIP (Símbolo indicativo de interseção com via que tem preferência “Dê a preferência”)

3.7.3 Sinalização Vertical

No cadastro da Sinalização Vertical foram levantadas pontualmente as placas de sinalização, suas respectivas funções, códigos, estados de conservação, coordenadas e sentido. Foram levantadas todas as placas, subdividas em sinalização de Advertência, Regulamentação, Orientação e Indicação.

Figura 11: Quantidades de Elementos de Sinalização Vertical por Tipo



3.7.4 Elementos de Proteção e Segurança

Os elementos de proteção e segurança levantados são constituídos por defensas metálicas e barreiras de concreto simples e duplas, além dos guarda corpos metálicos e de concreto.

Tabela 16 – Resumo das extensões dos elementos de proteção e segurança

TIPO	EXTENSÃO (m)
Defensa	212.570,00
Barreira Simples	75.084,00
Barreira Dupla	10.749,00
TOTAL	298.403,00

3.8 EDIFICAÇÕES E INSTALAÇÕES OPERACIONAIS

A consultoria, através de processo de cadastramento de elementos rodoviários por método visual contínuo, identificou edificações civis presentes nas proximidades dos alinhamentos. Realizou-se cadastramento da localização e finalidade da edificação, subdivididas em: comerciais, escolas, postos de combustível e pontos de ônibus com edificação. Realizou-se cadastramento da localização, contendo marco quilométrico, SNV e coordenadas.

Tabela 17 – Resumo do cadastramento das edificações civis

TIPO	QUANTIDADE (Unid.)	(%) POR TIPO
Comércio	517	58,89%
Escola	5	0,57%
Ponto de Ônibus	268	30,52%
Posto de Combustível	88	10,02%
TOTAL	878	100,00%

Ainda, desenvolveu-se cadastro das edificações utilizadas no sistema operacional da via, tanto de competência da União quanto segmentos cedidos à iniciativa privada. Para tanto, os levantamentos visam registrar localização e condição de conservação das edificações, com metodologia de *check list* que permitiu o diagnóstico. As fichas do levantamento estão disponíveis no Anexo 9.2.

Foram cadastradas e avaliadas instalações:

- Posto da Polícia Rodoviária Federal;
- Posto de Pesagem e Posto Fiscal;
- DNIT e DER-PR;
- Praça de Pedágio;
- CCO – Centro de controle operacional;
- Base operacional;
- SAU – Serviço de atendimento ao usuário.

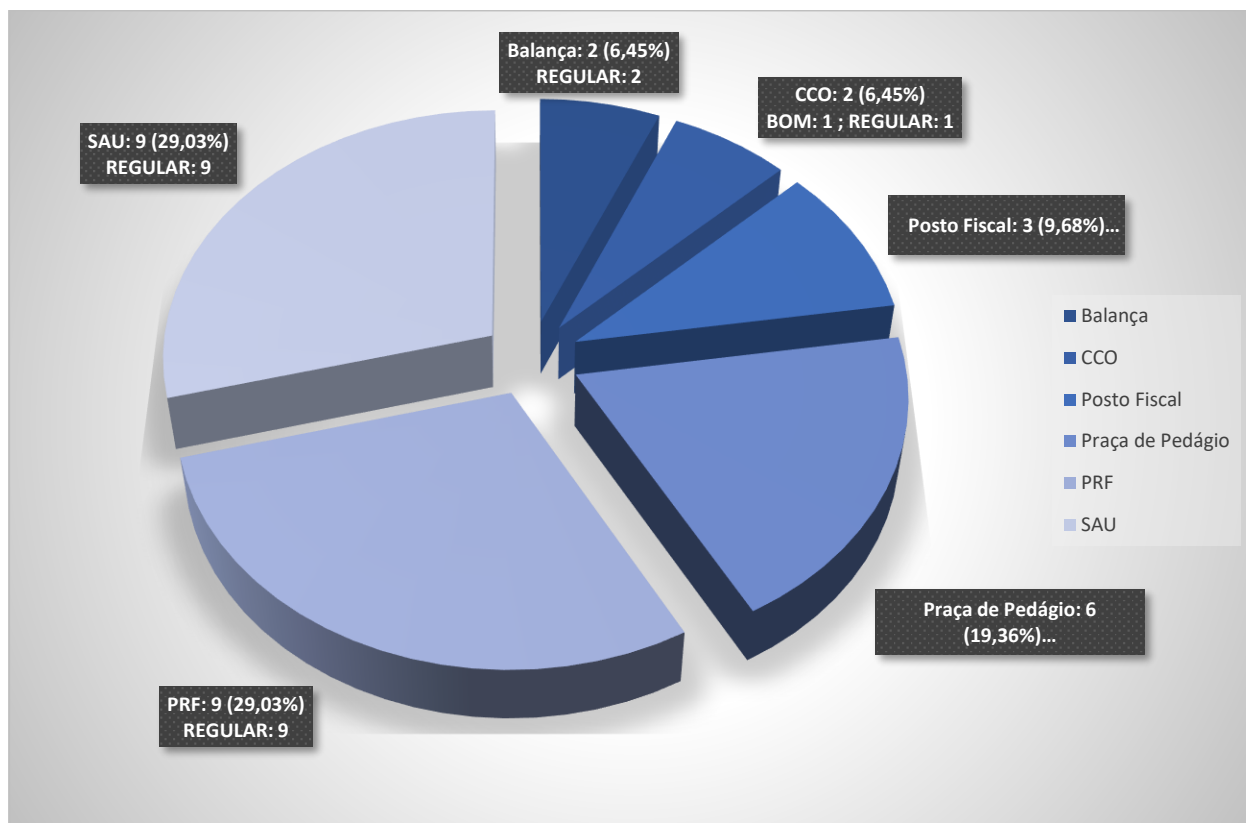
A Tabela seguinte traz um resumo das instalações operacionais cadastradas:

Tabela 18 – Resumo do cadastramento das edificações operacionais

TIPO	QUANTIDADE (Unid.)	(%) POR TIPO	CONDIÇÃO GERAL (Unid.)		
			BOM	REGULAR	RUIM
Balança	2	6,45%	0	2	0
CCO	2	6,45%	1	1	0
Posto Fiscal	3	9,68%	0	3	0
Praça de Pedágio	6	19,36%	0	6	0
PRF	9	29,03%	0	9	0

TIPO	QUANTIDADE (Unid.)	(%) POR TIPO	CONDIÇÃO GERAL (Unid.)		
			BOM	REGULAR	RUIM
SAU	9	29,03%	0	9	0
TOTAL	31	100,00%	1	30	0

Figura 12: Condições de conservação das instalações operacionais



3.9 SISTEMAS ELÉTRICOS E DE ILUMINAÇÃO

O cadastro dos sistemas elétricos e de iluminação foi realizado por meio do levantamento visual contínuo. Foram levantados todos os postes de energia e iluminação. Também foram levantadas extensões de cruzamentos entre baixa e alta tensão com a rodovia cadastrada.

As planilhas de cadastro contendo o levantamento analítico por rodovia são apresentadas no Anexo 10.0.

Tabela 19 – Resumo dos sistemas elétricos

DESCRIÇÃO	NÚMERO DE POSTES (un)	NÚMERO DE LUMINÁRIAS (un)
Cruzamento com Linha de Distribuição	0	0
Poste de Energia	3.131	584
Poste de Iluminação	3.133	5.087

3.10 INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

O relatório que trata especificamente das metodologias utilizadas para investigações geotécnicas encontra-se no “anexo 16.0” deste volume.

3.11 SISTEMAS OPERACIONAIS E TI

O cadastro dos sistemas e equipamentos operacionais e TI foram com base nos levantamentos de campo. Foram cadastrados os equipamentos, rodovia, localização, sentido (lado), e jurisdição, que indica o órgão responsável pelo equipamento.

Os principais equipamentos cadastrados foram:

- Sedes Administrativas;
- Painéis de Mensagem Variável fixos (PMV);

Os cadastros dos sistemas operacionais e TI são apresentados no Anexo 11.0.

3.12 COBERTURA DE TELEFONIA E INTERNET MÓVEL

As atividades referentes ao cadastro de cobertura de telefonia e internet móvel foram realizadas no mês de fevereiro de 2021, buscando identificar e avaliar as condições de telefonia celular e Internet móvel separando-as e classificando-as nas categorias de sinal existente (2G, 3G e 4G) para as operadoras: Claro, Oi, Tim, Vivo e Nextel. O Quadro a seguir apresenta a classificação por sinal existente.

Sem Sinal
Muito Ruim
Ruim
Bom
Ótimo
Excelente

Os dados foram coletados através do site da ANATEL (<http://sistemas.anatel.gov.br/se/public/cmap.php>) e os locais de coleta foram referenciados através do SNV e Município.

A planilha de cadastro contendo o levantamento da cobertura de telefonia e internet móvel é apresentada no Anexo 14.0.

A abrangência do segmento rodoviário em estudo é contemplada por um total de 25 municípios. Pode-se aferir que todos os municípios possuem ao menos uma operadora com sinal disponível, conforme tabela a seguir.

Tabela 20 - Cobertura de Telefonia Celular e Interne Móvel

Municípios	UF	Claro			OI			TIM			VIVO			NEXTEL		
		2G	3G	4G	2G	3G	4G	2G	3G	4G	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Ribeirão das Neves	MG	Ruim	Ótimo	Excelente	Bom	Ótimo	Excelente	Ruim	Bom	Excelente	Muito Ruim	Ótimo	Excelente	Muito Ruim	Ruim	Sem Sinal
Contagem	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Bom	Excelente	Excelente	Bom	Ótimo	Excelente
Belo Horizonte	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Bom	Ótimo	Excelente	Bom	Excelente	Excelente	Muito Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Ótimo	Excelente
Nova Lima	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Ruim	Bom	Excelente	Ruim	Ótimo	Ótimo	Ruim	Ótimo	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Itabirito	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Bom	Ótimo	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	Ruim	Ótimo	Ótimo	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Ouro Preto	MG	Muito Ruim	Ruim	Bom	Ótimo	Excelente	Excelente	Ruim	Bom	Excelente	Sem Sinal	Muito Ruim	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Congonhas	MG	Ruim	Bom	Ótimo	Bom	Muito Ruim	Excelente	Bom	Muito Ruim	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Conselheiro Lafaiete	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Bom	Ótimo	Sem Sinal
Cristiano Ottoni	MG	Ruim	Bom	Ótimo	Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Muito Ruim	Ruim	Muito Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Carandaí	MG	Ótimo	Ótimo	Excelente	Bom	Bom	Sem Sinal	Muito Ruim	Ruim	Ótimo	Bom	Excelente	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Ressaquinha	MG	Muito Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Muito Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Muito Ruim	Muito Ruim	Bom	Sem Sinal	Ótimo	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Alfredo Vasconcelos	MG	Ruim	Ótimo	Sem Sinal	Bom	Sem Sinal	Sem Sinal	Ruim	Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Bom	Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Barbacena	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Bom	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Sem Sinal
Oliveira Fortes	MG	Ruim	Bom	Ótimo	Sem Sinal	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Santos Dumont	MG	Bom	Ótimo	Ótimo	Bom	Sem Sinal	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Ewbank da Câmara	MG	Muito Ruim	Ruim	Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Ruim	Sem Sinal	Ótimo	Excelente	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Juiz de Fora	MG	Bom	Ótimo	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ruim	Excelente	Excelente	Bom	Excelente	Ótimo	Bom	Ótimo	Excelente
Matias Barbosa	MG	Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Muito Ruim	Bom	Ótimo	Sem Sinal	Ótimo	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Simão Pereira	MG	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal	Muito Ruim	Sem Sinal	Muito Ruim	Muito Ruim	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Comendador Levy Gasparian	RJ	Bom	Ótimo	Sem Sinal	Bom	Sem Sinal	Sem Sinal	Ruim	Ruim	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	Sem Sinal	Sem Sinal	Sem Sinal
Três Rios	RJ	Ruim	Excelente	Ótimo	Ruim	Bom	Ótimo	Ruim	Ruim	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	Ruim	Ótimo	Excelente
Areal	RJ	Sem Sinal	Muito Ruim	Ruim	Excelente	Sem Sinal	Sem Sinal	Muito Ruim	Ruim	Ótimo	Bom	Excelente	Bom	Sem Sinal	Muito Ruim	Ruim
Petrópolis	RJ	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente
Duque de Caxias	RJ	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Ótimo	Excelente	Bom	Ótimo	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente
Teresópolis	RJ	Ótimo	Excelente	Excelente	Bom	Bom	Excelente	Bom	Ótimo	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente	Ótimo	Excelente	Excelente

3.13 TRAVESSIAS URBANAS

Os trechos urbanos foram cadastrados através do levantamento visual contínuo e dos projetos funcionais, mais especificamente verificando os aglomerados urbanos através das imagens dos aerolevantamentos.

As travessias urbanas cadastradas encontram-se no Anexo 15.1 e a identificação das divisas dos municípios são apresentadas no Anexo 15.2.

4 AEROLEVANTAMENTOS

4.1 RECOBRIMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO

O recobrimento aéreo executado até a elaboração deste relatório, contemplou uma área de interesse de 126,99 km². Esta atividade consistiu das seguintes atividades:

- Obtenção de Licenças Prévias e Autorizações de Voo;
- Planejamento da cobertura aéreas (Fotogramétrica e Laser);
- Mobilização das Equipes de Voo;
- Equipamentos Utilizados;
- Recobrimento Aerofotogramétrico Digital;
- Processamento dos Dados;
- Elaboração dos Produtos Finais.

4.1.1 OBTENÇÃO DE LICENÇAS PRÉVIAS E AUTORIZAÇÕES DE VOO

Para o início das atividades correspondentes as missões aéreas visando a coleta de dados foi solicitada a Autorização de Aerolevantamento e respectiva da Autorização de Voo e Pouso (AVO), expedidas pelo Estado Maior das Forças Armadas, dando cumprimento a determinação constante do art. 28 da Portaria Normativa (PN) nº 101/GM-MD, de 26 de dezembro de 2018 do Ministério da Defesa.

Como consequência foi recebida a Autorização de Voo e Pouso, conforme imagem a seguir:

Figura 13: Licença para Autorização de Voo



DD COMPREP DGCEA CIAER CCOA CINDACTA1 COPM1 SRPVSP CINDACTA2 COPM2
032057 TBR028

591/TBR028/030221 - ENCAMINHO AO SENHOR MENSAGEM DE AUTORIZACAO DE AEROLEVANTAMENTO EMITIDA PELO MINISTERIO DA DEFESA: RETEL RD 567/TBR028/040121 - RD 560/TBR028/301220 - RD 470/TBR028/091020, RD 435/TBR028/040920 - INFO: A: AVOMD - 1187/20., B: BRASIL., C: BRASIL., D: ENGEFOTO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/A., E: T206H - PR-JRM, EMB-810C - PT-EGQ, PA-31 - PT-DBMF: PR-JRM, PT-EGQ, PT-DBM., G: RICARDO WARKENTIN, EDUARDO AUGUSTO SANTIN MACHADO, CELSO NERONE, ANDRE LUIZ DUDA., H: 02., I: AEROLEVANTAMENTO., J: SBBH, SBJF, SBJR, SBPR, SDAG, SDRS, SNJR, SNKF, SNPA, SNUB., K: ATZD SOBREVOO/POUSO PERD 040120 A 110421. ATZD MIN DEF 196/2020/MD. PROJETO NR 010/2020. ANV REALIZARA AEROLEVANTAMENTO SEG AREA: 200128S/0440556W, 211800S/0434958W, 222116S/0431403W, 222740S/0431832W, 224947S/0432223W, 225104S/0431330W, 223252S/0431014W, 222411S/0425228W, 211218S/0433334W, 195059S/0435512W, 195236S/0440045W, 200128S/0440556W. ALTITUDE DE VOO ENTRE 4757 PES A 14272 PES. O CINDACTA 1, O CINDACTA 2 E O SRPV-SP DEVERAO RETRANSMITIR ESTA MENSAGEM AOS ENDEREÇOS TELEGRAFICOS DAS BASES DE OPERACOES CONSTANTES DO ITEM J SOB SUA JURISDICAÇÃO. ESTA AUTORIZACAO REFERE-SE AO AEROLEVANTAMENTO, OU SEJA, O REGISTRO DE DADOS DO TERRENO A PARTIR DE UMA PLATAFORMA AEREA. O ACESSO AO ESPACO AEREO BRASILEIRO DEPENDE DE AUTORIZACAO DO COMAER. ESTA AUTORIZACAO NECESSITA DE PARECER TECNICO EMITIDO PELO CINDACTA 1 E PELO SRPV-SP PARA A EXECUCAO DO AEROLEVANTAMENTO E NAO EXIME O COMANDANTE DA AERONAVE DE OBSERVAR AS AREAS PERIGOSAS, PROIBIDAS E RESTRITAS DO ESPACO AEREO BRASILEIRO NA EXECUCAO DO AEROLEVANTAMENTO. PARA A EXECUCAO E SEGURANCA DE VOO DEVERA HAVER COORDENACAO COM OS ORGAOS DE CONTROLE DE TRAFEGO AEREO. O COMANDANTE DA AERONAVE DEVERA EFETUAR CONTATO COM O COPM, SOB CUJA JURISDICAÇÃO SE ENCONTRA A AREA DO PROJETO, ANTES DA DECOLAGEM, CASO ESTA OCORRA A PARTIR DE AERODROMO DESPROVIDO DE ORGAO ATS. PARA TRANSMISSAO E RETRANSMISSAO DE MSG RD CONTACTAR ECM T26 TF-3 (911) 427, E TELEXGAPBR DO COMANDO DA AERONAUTICA (61) 2023-2591. INFORMACAO SOBRE MOVIMENTO ANV CONTACTAR DIVOC TF-3 (911) 508/501/502/503. SOL (VEX) OBS MSG RD 1/2SC3/130910 E/OU MSG RD 2/2SC3/130910, INFO DIVOC MOV ANV, ATRAVES COPM.MINDEF.

Uma vez obtida a autorização do Ministério da Defesa partiu-se para o início das atividades de coberturas aéreas propriamente ditas, iniciando-se com o planejamento para a execução das etapas e da mobilização das equipes e equipamentos de voo.

4.1.2 PLANEJAMENTO

No planejamento da cobertura aérea foram considerados os seguintes elementos: a área contratual, as especificações técnicas estabelecidas, o posicionamento das faixas de voo, a articulação do mapeamento, a época favorável, os horários de voo permitido para início e fim das atividades de acordo com o ângulo de inclinação do sol, entre outras variáveis.

A cobertura aerofotogramétrica foi planejada para obtenção das imagens com GSD (Ground Sample Distance) de 20,0 cm ou melhor, superposição lateral, entre faixas, e longitudinal, entre fotos de 30% e 60%, respectivamente.

No planejamento para a execução desta etapa foram elaborados os planos de voos gráficos e analíticos, baseados nas informações contidas nas cartas topográficas do mapeamento sistemático brasileiro (IBGE), nas imagens disponíveis na internet (Google Earth), nas especificações técnicas, além das demais informações necessárias e pertinentes à elaboração dos planos de voos analítico e gráfico.

De posse de todas estas informações e após o lançamento da área de trabalho sobre as imagens disponíveis, foi possível realizar um estudo mais detalhado da topografia local para a definição da altura de voo a ser executada de forma a garantir as variáveis previstas para atendimento das especificações técnicas preconizadas para os serviços.

Na oportunidade foram elaboradas também a Carta de Rota e a Listagem dos Espaços Aéreos Restritos que contemplam toda a área dos serviços e identificam dentro da mesma, as áreas que possuem restrições para a execução de cobertura aérea.

Complementarmente a elaboração dos Planos de Voo foi definido o apoio logístico necessário a sua operacionalidade, mormente quanto a infraestrutura de reabastecimento de combustível e hangaragem.

AERONAVE

Para a realização destas atividades a ENGEFOTO mobilizou a seguinte Aeronave:

- Aeronave PA-31 Navajo II de prefixo PT-DBM.

Figura 14: Aeronave Utilizada na Missão



Esta aeronave possui teto de serviço superior ao necessário para a coleta dos dados e está homologada e adaptada para receber os sensores e equipamentos auxiliares de navegação a serem utilizados nos serviços.

SENSORES

Câmera Aerofotogramétrica

Para realização desta atividade a ENGEFOTO disponibilizou a Câmara PhaseOne.

Toda a missão foi assistida via um software chamado Flight Commander, elaborado pela Geokosmos, empresa coligada à ENGEFOTO, o qual possibilita que as imagens sejam tomadas quando a aeronave intercepta um plano vertical perpendicular à trajetória programada no plano de voo, garantindo com isto o recobrimento longitudinal entre as fotos. Este programa registra o instante das tomadas de fotos, de forma a viabilizar o georreferenciamento direto das mesmas.

A câmara aérea empregada possui dispositivos que permitem o registro em arquivos dos dados técnicos da missão, tais como: o número da foto, hora de sua tomada, coordenadas dos centros perspectivos (através de pós-processamento). Além destes, a câmara possui mecanismos que permitem a correção do recobrimento longitudinal, bem como a integração de sistema inercial de navegação e GPS.

Os equipamentos estão instalados de forma que as lentes objetivas não sejam atingidas por respingos de óleo ou reflexos de raios solares.

Figura 15: Câmera Aérea PHASE ONE Ixa180



Sistema Inercial

Foi utilizado no recobrimento aerofotogramétrico um sistema de navegação inercial visando obter o georreferenciamento direto das imagens. O modelo empregado nesta missão foi o Applanix POS AV 510 V5, cujas principais características técnicas são:

- GNSS: L1/L2/L2C – 10 Hz
- Coleta IMU: 200-250 Hz
- Capacidade de coleta: 1GB (disco flash)
- Acurácia absoluta pós-processada (RMS):
 - Posição: 0,05 a 0,30 m
 - Velocidade: 0,005 m/s
 - Ômega e phi: 0,005°
 - Kappa: 0,008°

4.1.3 RECOBRIMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO

METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

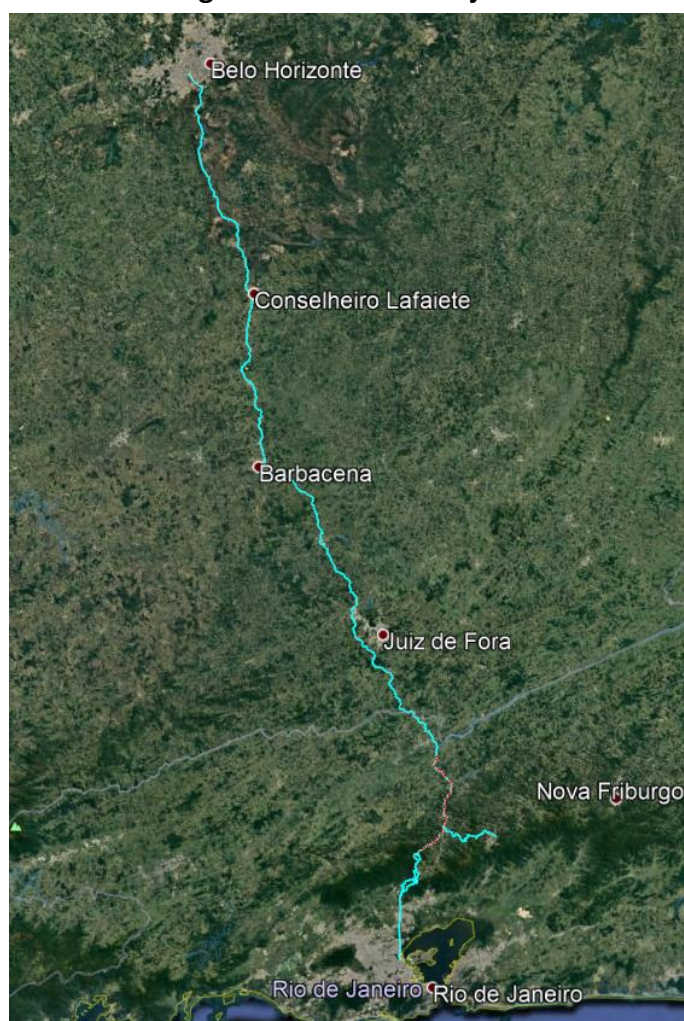
A execução de Cobertura Aérea para obtenção de fotografias aéreas métricas só se torna possível em condições meteorológicas favoráveis, ou seja, sem presença de nuvens, sem ventos e em horário pré-definido, minimizando a presença de sombras.

Estas condições favoráveis são fundamentais para qualidade dos produtos finais e naturalmente, são imprevisíveis, sendo urgente a necessidade de aproveitá-las quando estas ocorrem. Assim sendo, a equipe ficou disponível, em tempo integral, de forma a poder executar a missão fotogramétrica e aproveitar as oportunidades de aberturas.

O aerolevantamento executado compreendeu até a presente medição um total de 126,99 km² abrangendo as áreas de interesse. Foi iniciado na data de 16/02/2021 e finalizado na data de 24/03/2021.

Na aquisição das imagens foi empregada a metodologia de posicionamento através da solução da Trimble Centerpoint RTX, a qual combina a metodologia PPP (Precise Point Processing) com a tecnologia avançada de resolução de ambiguidade para produzir precisões a nível centimétrico sem a necessidade de utilização de estações de referência locais. Isto é obtido através da implantação global de estações de monitoramento altamente redundantes que estão conectadas através da internet e são usadas para determinar com precisão as informações enviadas por satélites com a máxima acurácia, robustez, continuidade e confiabilidade, além da utilização de algoritmos avançados e dados recentes da calibração de receptores e antenas.

Figura 16: Área do Projeto



ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS DECORRENTES

As imagens RGB oriundas do processamento foram entregues em formato digital nativo, com GSD médio de 20 cm, obtido sem a utilização de técnicas de interpolação ou por fusão (pansharpning) para obtenção das resoluções espacial e espectral.

CONTROLE DE QUALIDADE

Sobre os arquivos processados das imagens foi efetuada a análise e aprovação da cobertura aerofotogramétrica no que tange a qualidade geométrica e radiométrica dos voos e revoos realizados. Esta análise teve como objetivo assegurar que a geometria final da cobertura aérea não apresentasse “furos” estereoscópicos, de forma a caracterizar como “áreas com ausência de informação”, garantindo o pleno atendimento para a execução das etapas subsequentes e geração dos produtos decorrentes.

A análise de voo consistiu na identificação de seus parâmetros planejados e executados em relação às tolerâncias admissíveis no que diz respeito à garantia da qualidade em atividades subsequentes. Esta análise compreendeu as seguintes verificações:

- Altura média de voo comparável entre faixas e com planejamento de forma a não comprometer o tamanho planejado para o pixel no terreno (GSD – Ground Sample Distance)
- Deriva da faixa;
- Superposição Lateral e longitudinal;
- Características de verticalidade nas imagens de forma a minimizar a ocorrência de sombras e/ou ausência de informações;
- Uniformidade radiométrica das imagens evitando a presença de defeitos que não possam ser corrigidos e que comprometam a qualidades dos produtos e etapas subsequentes, tais como; manchas, brilho excessivo, contraste e cores inadequados;
- Abrangência da cobertura com relação ao limite da área de interesse.

4.2 APOIO TERRESTRE

O Apoio Terrestre constitui-se no conjunto de atividades de levantamentos topográficos e geodésicos para a determinação de coordenadas (horizontal e vertical) dos pontos necessários às operações fotogramétricas, bem como dos pontos materializados no terreno que servirão de controle geodésico para as mais diversas aplicações.

Considerando as especificações técnicas deste trabalho, o apoio terrestre consistiu das seguintes etapas:

- a) Apoio Básico;
- b) Levantamento do Apoio Suplementar;
 - Levantamento de pontos de controle e verificação planialtimétricos (HVs e PCs);
- c) Determinação das altitudes ortométricas dos pontos levantados através do uso de Modelo Geoidal do IBGE (MAPGEO2015).

4.2.1 MOBILIZAÇÃO DA EQUIPE E RECONHECIMENTO EM CAMPO

As equipes foram mobilizadas em dezembro de 2019, iniciando as atividades pelo reconhecimento dos vértices existentes, os quais serviram de partida e chegada para os serviços topográficos e geodésicos a serem desenvolvidos, visando avaliar sua localização e integridade. Posteriormente esta estrutura de campo fez o reconhecimento dos prováveis locais de implantação dos novos vértices do apoio básico.

A escolha dos locais de implantação destes vértices foi feita levando-se em consideração aspectos como: distribuição, segurança, acessibilidade, etc.

Na sequência as equipes de campo partiram para o reconhecimento dos locais planejados dos pontos de controle planialtimétricos do apoio fotogramétrico. Estes pontos foram previamente escolhidos em escritório, sobre material com o planejamento das faixas, que através de visão estereoscópica, puderam ser posicionados em detalhes perfeitamente fotoidentificáveis, preferencialmente em locais planos e nítidos, evitando-se, posteriormente, na leitura dos mesmos, dúvidas na interpretação.

Após a apreciação e aprovação pelo contratante do planejamento apresentado, a equipe de campo partiu para a materialização dos vértices e na sequência para os levantamentos de todos os pontos do apoio terrestre descritos acima.

4.2.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para o levantamento dos pontos do apoio terrestre foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 2 receptores GNSS da marca Topcon, modelo Hiper SR;
- 2 receptores GNSS da marca Topcon, modelo Hiper V;
- 2 receptores GNSS da marca CHC, modelo i80;
- 2 receptores GPS da marca Leica, modelo 900.

4.2.3 METODOLOGIAS DE EXECUÇÃO

APOIO BÁSICO

O Apoio Básico tem por objetivo a determinação das coordenadas de vértices implantados na área do projeto para serem utilizados como bases de rastreio para as seguintes etapas:

- Levantamento das coordenadas planialtimétricas de pontos de apoio fotoidentificáveis (HVs) para o processo de aerotriangulação;
- Levantamento das coordenadas planialtimétricas de pontos de verificação (check points), para controle da aerotriangulação e dos produtos decorrentes do aerolevanteamento e do perfilamento laser.

O Apoio Básico consistiu na implantação de 5 vértices, materializados sob uma das formas abaixo:

- Chapas metálicas de identificação implantadas em lajes de concreto;

- Marcos de concreto fixados em locais apropriados, seguros e implantados em pisos de terreno compactado.

As coordenadas foram determinadas através do levantamento GNSS de poligonais fechadas, tendo como referências de saída e chegada, vértices “SAT” de Alta precisão pertencentes à Rede Planimétrica do IBGE. As poligonais levantadas foram as seguintes:

Poligonal 1: SAT96361 (RJNI) - VT01 - VT02 - SAT96330 (MGJF);

Poligonal 2: SAT96330 - VT03 - VT04 - SAT91630;

Poligonal 3: SAT93922 (MGBH) - VT05 - SAT99504;

Para a determinação das coordenadas de cada vértice, numa primeira etapa foram fixadas as coordenadas do vértice do IBGE utilizado como saída da poligonal. Posteriormente foram comparadas as coordenadas do vértice de chegada para determinar uma precisão relativa do transporte de coordenadas. Finalmente foi realizado o ajustamento das poligonais fixando as coordenadas dos vértices de saída e chegada. As monografias dos vértices SAT do IBGE utilizados estão nos anexos.

As chapas metálicas foram confeccionadas com 6,5 cm de diâmetro, com um pino central de 4 cm de comprimento e um furo transversal que permite colocar transversalmente um pino de maneira a garantir uma melhor fixação na superfície de implantação.

Figura 17: Modelo Chapa Metálica Utilizada no Projeto



O posicionamento geodésico foi realizado por técnicas diferenciais para minimizar os erros orbitais e de refração ionosférica e troposférica. Tais métodos incluem a "Tripla Diferença de Fase" e a "Dupla Diferença de Fase", cujo resultado consiste na diferença de coordenadas geodésicas entre dois pontos. O resultado de levantamentos geodésicos com a tecnologia GNSS consiste em coordenadas geodésicas tridimensionais dos pontos ocupados por receptores GNSS, que são transformadas em coordenadas geodésicas elipsoidais, especificamente, latitude e longitude geodésicas e altitude geométrica, ou seja, a altitude referida à superfície do elipsoide adotado.

Para a coleta dos dados através do rastreamento de satélites GNSS, foram utilizados receptores do tipo geodésico. Esta etapa dos trabalhos foi realizada seguindo as seguintes orientações:

- Tempo de rastreamento: foi realizada uma sessão de rastreamento com duração no mínimo uma hora;
- Intervalo de gravação: a coleta de dados foi realizada a intervalos de 1 segundo;
- Número mínimo de satélites: para todas as sessões de rastreamento foi adotado um mínimo de 6 satélites;
- Ângulo mínimo de elevação: para todas as sessões de rastreamento, foram coletados dados de satélites com elevação superior ou igual a 15 graus;
- PDOP: para todas as sessões de rastreamento, o valor do PDOP foi menor ou igual a 3.

APOIO SUPLEMENTAR

Esta etapa dos trabalhos constituiu no levantamento, usando o rastreamento de satélites, de pontos fotointerpretáveis denominados de pontos planialtimétricos (HV), necessários ao ajustamento da aerotriangulação.

Juntamente com o levantamento dos pontos do apoio fotogramétrico foram levantados pontos fotointerpretáveis distribuídos ao longo da área de interesse, denominados pontos de verificação (check point). Estes pontos foram utilizados no processo de aerotriangulação, nos produtos finais decorrentes da cobertura aerofotogramétrica e do perfilamento laser, fornecendo elementos para controle de qualidade das três coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude), mediante a comparação dos resultados obtidos pelos dois processos, de campo e de gabinete.

Para a coleta de dados GNSS dos pontos do Apoio Suplementar, foram utilizados os mesmos receptores das etapas anteriores. Para a coleta de dados foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Número mínimo de satélites: para todas as sessões de rastreamento foi adotado um mínimo de 6 satélites;
- Ângulo mínimo de elevação: para todas as sessões de rastreamento, foram coletados dados de satélites com elevação superior ou igual a 15 graus;
- Intervalo de gravação: para todas as sessões de rastreamento foi adotado um intervalo de 1 segundo;

- Configuração geométrica: as sessões de rastreo foram programadas para serem realizadas em horários de melhor configuração geométrica de satélites para o local do projeto;
- Tempo de rastreo: para equipamentos de duas frequências este parâmetro dependeu diretamente de outros fatores como número de satélites participantes na sessão, do intervalo de gravação, da distância entre o receptor da base e o ponto determinado e entre outros da geometria (PDOP) da configuração disponível no local no momento do rastreo (considerando somente os satélites acima de 15 graus de elevação).

No caso específico deste trabalho, as sessões de rastreo para levantamento dos pontos do apoio suplementar foram em torno de 20 minutos, garantindo desta forma, dados suficientes para a etapa de processamento de dados.

Os cálculos consistiram na determinação das coordenadas de todos os satélites observados, durante todo o tempo de rastreo. Os dados obtidos sofreram desde a tomada das informações de campo até o pós-processamento, correções de frequência e ajustamento global pelo método dos mínimos quadrados com injunções de posições, obtendo se assim as coordenadas finais geodésicas e UTM em SIRGAS, referencial adotado para o projeto. Na etapa de cálculo e ajustamento das coordenadas foram aplicadas injunções de posição nos vértices utilizados como base de rastreo.

Para o processamento e ajustamento dos dados coletados foi utilizado o pacote de programas, desenvolvido pela empresa Ashtech, chamado GNSS Solutions, onde permite processar os dados coletados com os receptores de duas frequências e código “P”, obtendo coordenadas com alta precisão em sessões de rastreo de curta duração, se comparadas com a duração de uma sessão de rastreo com receptor de uma frequência. Para as transformações de coordenadas foi utilizado o programa Transdatum desenvolvido pela Engefoto.

MAPA GEODAIL RELATIVO

Para a obtenção das altitudes ortométricas dos pontos do levantamento GNSS foi utilizado o modelo geoidal fornecido pelo IBGE, denominado MAPGE02015. O Modelo Geoidal foi utilizado basicamente para a determinação da ondulação geoidal ou desnível geoidal local (N), a partir de coordenadas planimétricas (latitude e longitude) conhecidas, obtidas através do posicionamento tridimensional com GPS.

O MAPGEO2015 foi avaliado utilizando-se as alturas geoidais obtidas pela diferença entre as altitudes ortométricas oriundas do nivelamento geométrico de 592 referências de nível (RRNN) em conexão com pontos cujas altitudes elipsoidais foram obtidas por técnica GNSS. Tais pontos foram selecionados através de criterioso estudo realizado na Rede Altimétrica Brasileira, identificando-se as conexões pertencentes a linhas de nivelamento fechadas e, consequente, valores de altitudes ajustados.

4.2.4 CONTROLE DE QUALIDADE

Durante a execução de cada uma das etapas do Apoio Terrestre, os serviços foram verificados, a fim de garantir a qualidade exigida na execução do projeto. Todas as etapas do Apoio Terrestre foram avaliadas.

Todos os dados coletados em campo foram analisados, visando à detecção de possíveis erros cometidos nos levantamentos. Entre as informações verificadas podem-se destacar:

Rastreio do Apoio Básico e do Apoio Suplementar:

- Dados informados nas cadernetas de campo, como marca e modelo do receptor e antena utilizados, altura de antena, croqui do ponto, horário de rastreio, etc.;
- Confrontação das cadernetas de campo com as fotografias e arquivos de rastreio para checagem dos dados informados;
- Após o processamento dos dados, as precisões alcançadas de forma a atingirem as tolerâncias preconizadas.

4.3 AEROTRIANGULAÇÃO

Aerotriangulação pode ser entendido como o processo que tem por objetivo a melhor estimativa da atitude e posição da aeronave no momento da tomada das imagens. Permitindo, desta forma, orientar de forma absoluta modelos fotogramétricos para as mais diversas finalidades, como restituição e geração de ortoimagens, por exemplo. Bem como, permitir estimar coordenadas de pontos fotoidentificáveis, baseados em suas leituras fotogramétricas, em um determinado sistema de referência.

Para a realização deste processo é necessária a determinação de pontos fotoidentificáveis entre fotos consecutivas, de modo a referenciar uma foto à outra, denominados como pontos de passagem, dando origem à faixas de voo. Além disso, é necessário também que existam pontos identificados entre faixas vizinhas, denominados pontos de enlace; quando este for o caso, de modo a dar origem a blocos fotogramétrico. Tais pontos são denominados pontos fotogramétricos e sugere-se a adoção do padrão apresentado por Von Grüber. Ainda relacionado

aos pontos fotogramétricos, técnicas de correlação de imagens, e correspondência de pontos homólogos, permitem a geração destes pontos de forma automática, proporcionando assim um conjunto de pontos mais densificado, de modo a promover maior qualidade fotogramétrica ao processo de aerotriangulação.

Uma vez que se disponha de pontos de apoio, fotoidentificáveis, com coordenadas determinadas na etapa de apoio terrestre, em um determinado referencial, é possível estimar a melhor posição do centro perspectivo das imagens, bem como dos pontos fotogramétricos, por meio da técnica de ajustamento por raio de feixes perspectivos (Bundle adjustment).

4.3.1 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

O processo de aerotriangulação consiste na determinação de coordenadas terrestres de pontos cujo as coordenadas fotogramétricas tenham sido determinadas. Para isto são utilizadas as seguintes informações:

- Coordenadas geodésicas dos centros de perspectiva das fotografias determinados pelo processamento dos dados GNSS/INS, quando disponível georreferenciamento direto;
- Atitude das fotografias determinada pelo sistema inercial;
- Arquivo com os dados do certificado de calibração da câmara;
- Imagens digitais das fotografias aéreas juntamente com seus arquivos de orientação interior;
- Arquivo com os pontos de controle e de verificação levantados em campo;
- Arquivo com os planos de voos aprovados e executados.

A determinação dos pontos fotogramétricos foi realizada de forma automática pelo princípio de correlação de imagens através do software INPHO (módulo Match AT). Casos onde foram necessários adensamentos de pontos, foram realizadas leituras manuais de modo a necessidade destas regiões.

Todas as coordenadas dos pontos, inclusive das marcas fiduciais foram medidas no referencial de imagem e depois transformadas para o referencial fotogramétrico por meio da transformação Afim Geral, visando corrigir as distorções do filme no instante da tomada. Além disso, os pontos priorizaram as áreas recomendadas por Von Grüber.

Posteriormente foi efetuada a coleta dos pontos de controle e ajustamento dos dados. Os pontos de apoio que participam dos blocos aerotriangulados foram pontos de controle

planialtimétricos, denominados de “HV”, onde as três coordenadas geodésicas (latitude, longitude e altitude) sendo determinadas por procedimentos geodésicos. A sua identificação foi efetuada manualmente nas imagens com base nas fotografias e nos croquis de campo.

É importante salientar que o número de pontos de controle a serem coletados em campo é minimizado devido à utilização da orientação externa (coordenadas X, Y e Z do centro perspectivo, e ângulos de atitude: ω , ϕ e κ) provenientes do Sistema de Navegação Inercial (GNSS/INS) que está acoplado à aeronave. Este sistema de navegação tem a capacidade de medir diretamente não apenas os ângulos, mas também a posição da câmara no momento exato em que a fotografia foi tomada.

A obtenção desta orientação externa foi realizada em gabinete, utilizando os dados coletados da unidade de medida inercial com os do receptor GNSS. A trajetória GNSS foi obtida e refinada posteriormente com os dados inerciais. Ao final, obteve-se uma trajetória extremamente acurada, o que possibilita uma diminuição sensível na quantidade de pontos a serem levantamentos em campo.

O método de aerotriangulação a ser adotado foi o Método de Feixes de Raios Homólogos ou Método de Ajustamento Simultâneo (Bundle Adjustment Method). O ajustamento da aerotriangulação foi realizado pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), utilizando como injunções:

- Posição dos centros perspectivos das fotografias;
- Informações da atitude da câmara nos momentos da tomada das fotografias;
- Pontos de controle levantados em campo com opção de injunção nos valores de altitude, latitude e longitude, separadamente ou simultaneamente.

Os itens acima, referentes à posição e à atitude das fotografias foram obtidos através do processamento dos dados provenientes sistema inercial.

O modelo matemático utilizado neste método é aquele definido pelas equações projetivas, acrescidas dos elementos de calibração da câmara e do modelo de refração fotogramétrica integral, que inclui a parcela mais importante da refração, que é provocada pela camada de ar arrastada pela aeronave (Boundary Layer Theory).

4.3.2 CONTROLE DE QUALIDADE

Para a avaliação da qualidade da aerotriangulação foram utilizados pontos de verificação (check points) levantados em campo, utilizando os mesmos critérios dos pontos de controle, ou seja, os pontos são medidos nas fotografias durante o processo de aerotriangulação e tratados

como pontos fotogramétricos convencionais, desconsiderando à priori, as suas coordenadas de campo. Após o ajuste final, as coordenadas ajustadas destes pontos são comparadas com as coordenadas determinadas em campo.

Na medição, cálculo e ajustamento final da aerotriangulação, foi garantido que o processo apresentasse discrepância menor que um terço da precisão estabelecida para o produto final. Ou seja, para planimetria a discrepância máxima permitida foi de 50 cm, enquanto que para altimetria foi de 66 cm.

4.4 GERAÇÃO DE MOSAICO SEMI-CONTROLADO

A ortorretificação consistiu em corrigir geometricamente as fotografias aéreas das variações ocasionadas devido ao relevo e atitudes da aeronave durante a execução da cobertura aérea, entre outras. Esta correção consiste em uma transformação geométrica onde a perspectiva central da fotografia é transformada em projeção ortogonal.

Para que a correção referente a ondulação do relevo seja realizada é necessário que se utilize uma superfície de represente estas variações. Esta superfície, usualmente denominada Modelo Digital de Terreno pode ser obtido por técnicas diretas, como sistemas de varredura à laser, ou indiretas, como correlação de imagem.

A modelagem do MDT se dará por meio da geração de nuvem de pontos 3D por método de correlação de imagens. Para isso, aplica-se a metodologia Structure From Motion (SFM). A qual permite extrair informações tridimensionais a partir de imagens capturadas por sensores de imageamento 2D. Para isso, são necessárias diversas imagens, com estrutura sobreposta e posições planejadas. A qualidade do modelo obtido está diretamente relacionada à parâmetros como: resolução da imagem, disposição das imagens, parâmetros de orientação exterior e interior do sensor, dentre outros.

A técnica pode ser sintetizada em cinco etapas, sendo elas: (i) a determinação de feições características da cena, por meio de uma nuvem de pontos super esparsa; (ii) o emparelhamento das feições, por meio de uma correspondência de pontos (matching); (iii) determinação da posição relativa das câmeras ou ajuste parcial delas, (iv) calibração do sensor de imageamento e (v) geração de uma nuvem densa (matching denso). Vale salientar que, ao utilizar sensores calibrados, como todas as câmeras da Engefoto, a etapa IV pode ser ignorada.

Como produto gerado pelo processo descrito, têm-se um conjunto de pontos irregularmente espaçados, que descreve a cena sobrevoada. Contudo, diferente de sensores laser, o Modelo Digital de Superfície (MDS) obtido pelo SFM não apresenta pontos abaixo de





superfícies ocluídas, como áreas de vegetação, por exemplo. Neste sentido, a representação do terreno nestas regiões não se faz possível, sendo aproximada por pontos que estejam próximos. Para obtenção do Modelo Digital de Terreno faz-se necessário a classificação da nuvem de pontos. Este processo pode ser feito de forma automática, por rotinas de classificação de feições, contudo, entende-se uma necessidade de edição manual de modo a aprimorar a qualidade do MDT final.

Nos casos em que uma ortofotocarta fosse composta por mais de uma imagem ortorretificada, procedeu-se a mosaicagem. Tal processo foi realizado de forma a se garantir a melhor coincidência geométrica e radiométrica das imagens que compõem a ortofotocarta. As imposições geométricas foram garantidas através da qualidade do MDT produzido anteriormente e em função da aerotriangulação.

4.5 GERAÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL




A partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), obtido pelo processo de correlação de imagens, foram geradas curvas de nível representadas com equidistância de 1 metro. Este processamento utilizou os softwares ArcGIS e Ipho.

4.6 MONOGRAFIA DE MARCOS TOPOGRÁFICOS

 MONOGRAFIA DE MARCO		
Nome do Vértice: VT01	Obra / Ano: 1172/20	
DADOS GERAIS	SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM	COORDENADAS – SIRGAS2000
IFC - BR040 Data: 01/2021 Referências Utilizadas: • RJNI • MGJF	Meridiano Central = 45° W Fuso = 23S Origem N (Equador) = 10.000.000 m Origem E (MC 45° W) = 500.000 m K0 = 0,9996 DATUM Vertical = Imbituba	LAT = 22° 24' 20,37047" S LONG = 43° 8' 38,77970" W N = 7521091,605 m E = 691041,254m h (Geom.) = 734,553 m H (Ortom.) = 739,060 m
Materialização: Chapa metálica implantada em rocha, contendo as seguintes inscrições: VT01 – PROTEGIDO POR LEI -		
IMAGEM PANORÂMICA	MÉTODO DE LEVANTAMENTO	
	Planimetria/Altitude Geométrica: Levantamento GNSS diferencial estático, pós-processado. Altitude Ortométrica: MAPGEO 2015.	
	FOTO	
		
IMAGEM LOCAL		

Nome do Vértice: VT02	Obra / Ano: 1172/20	
DADOS GERAIS	SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM	COORDENADAS – SIRGAS2000
IFC - BR040 Data: 01/2021 Referências Utilizadas: • RJNI • MGJF	Meridiano Central = 45° W Fuso = 23 S Origem N (Equador) = 10.000.000 m Origem E (MC 45° W) = 500.000 m K0 = 0,9996 DATUM Vertical = Imbituba	LAT = 22° 7' 22,31985" S LONG = 43° 9' 23,19991" W N = 7552420,983 m E = 690152,673 m h (Geom.) = 278,695 m H (Ortom.) = 283,493m

Chapa metálica implantada em concreto, contendo as seguintes inscrições: VT02 – IFC- 040- DATA 01/21 – PROTEGIDO POR LEI - ENGEFOTO - CURITIBA.

IMAGEM PANORÂMICA	MÉTODO DE LEVANTAMENTO
	Planimetria/Altitude Geométrica: Levantamento GNSS diferencial estático, pós-processado. Altitude Ortométrica: MAPGEO 2015.
	FOTO
IMAGEM LOCAL	
	

Nome do Vértice: VT03		Obra / Ano: 1172/20
DADOS GERAIS	SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM	COORDENADAS – SIRGAS2000
IFC - BR040 Data: 01/2021 Referências Utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> SAT91630 MGJF 	Meridiano Central = 45° W Fuso = 23 S Origem N (Equador) = 10.000.000 m Origem E (MC 45° W) = 500.000 m K0 = 0,9996 DATUM Vertical = Imbituba	LAT = 21° 28' 42,91232" S LONG = 43° 32' 41,48756" W N = 7624183,298 m E = 650755,833 m h (Geom.) = 821,522 m H (Ortom.) = 825,509 m

Chapa metálica implantada em concreto, contendo as seguintes inscrições: VT03 – IFC-040 – DATA 01/21 – PROTEGIDO POR LEI - ENGEFOTO - CURITIBA.

IMAGEM PANORÂMICA



MÉTODO DE LEVANTAMENTO

Planimetria/Altitude Geométrica: Levantamento GNSS diferencial estático, pós-processado.
 Altitude Ortométrica: MAPGEO 2015.

FOTO






IMAGEM LOCAL



MONOGRAFIA DE MARCO

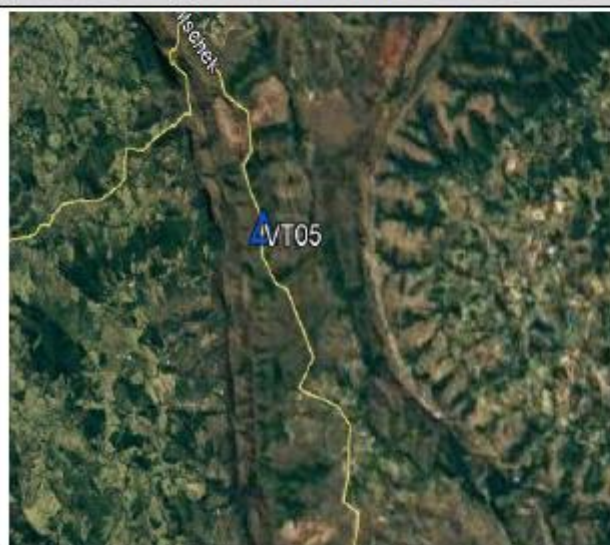
Nome do Vértice: VT04	Obra / Ano: 1172/20	
DADOS GERAIS	SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM	COORDENADAS – SIRGAS2000
IFC - BR040 Data: 01/2021 Referências Utilizadas: • SAT91630 • MGJF	Meridiano Central = 45° W Fuso = 23 S Origem N (Equador) = 10.000.000 m Origem E (MC 45° W) = 500.000 m K0 = 0,9996 DATUM Vertical = Imbituba	LAT = 21° 8' 49,53314" S LONG = 43° 45' 53,88262" W N = 7661074,423 m E = 628236,695 m h (Geom.) = 1044,630 m H (Ortom.) = 1048,239 m

Materialização: Chapa metálica implantada em concreto, contendo as seguintes inscrições: VT04– IFC - 040 – DATA 01/21 – PROTEGIDO POR LEI - ENGEFOTO - CURITIBA.

IMAGEM PANORÂMICA	MÉTODO DE LEVANTAMENTO
	<p>Planimetria/Altitude Geométrica: Levantamento GNSS diferencial estático, pós-processado.</p> <p>Altitude Ortométrica: MAPGEO 2015.</p>
IMAGEM LOCAL	FOTO
	

Nome do Vértice: VT05		Obra / Ano: 1172/20
DADOS GERAIS	SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM	COORDENADAS – SIRGAS2000
IFC - BR040 Data: 01/2021 Referências Utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> • MGBH • SAT99504 	Meridiano Central = 45° W Fuso = 23 S Origem N (Equador) = 10.000.000 m Origem E (MC 45° W) = 500.000 m K0 = 0,9996 DATUM Vertical = Imbituba	LAT = 20° 18' 42,29805" S LONG = 43° 56' 4,10180" W N = 7753660,790 m E = 611243,554 m h (Geom.) = 1265,165 m H (Ortom.) = 1269,957 m
Materialização: Chapa metálica implantada em concreto, contendo as seguintes inscrições: VT05– IFC 040 – DATA 01/21 – PROTEGIDO POR LEI - ENGEFOTO - CURITIBA.		

IMAGEM PANORÂMICA



MÉTODO DE LEVANTAMENTO

Planimetria/Altitude Geométrica: Levantamento GNSS diferencial estático, pós-processado.
 Altitude Ortométrica: MAPGEO 2015.

FOTO



IMAGEM LOCAL



5 TERMO DE ENCERRAMENTO

Este Volume denominado **Volume 2 - Estudos de Engenharia, Tomo I – Cadastro Geral da Rodovia**, elaborado para os Estudos de Viabilidade Técnica para Concessão das Rodovias Federais BR-040 e BR-495 possui 59 folhas numeradas em ordem sequencial crescente.