

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

João Arthur Basso

ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE VELOCIDADE
EM RODOVIAS NO RIO GRANDE DO SUL

Porto Alegre

2008

João Arthur Basso

Estabelecimento de Limites de Velocidade em Rodovias no rio Grande do Sul

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Transportes.

Orientador: Professor Dr.

João Fortini Albano

Porto Alegre

2008

João Arthur Basso

Estabelecimento de Limites de Velocidade em Rodovias no rio Grande do Sul

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. João Fortini Albano, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph.D.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Helena Beatriz Bettella Cybis, *PhD.* (PPGEP/UFRGS)

Professora Christine Tessele Nodari, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor Celso Nunes Rosa, Dr. (ULBRA)

Dedicatória

À Denise, minha futura esposa, que não me
deixou desistir de cumprir mais esta etapa da
minha vida. Te amo!!.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a *Deus* por estar sempre ao meu lado e por me guiar na realização deste trabalho!

À meu orientador *João Fortini Albano*, por todo apoio proporcionado, por sua paciência, por ter partilhado sua enorme experiência e, principalmente, por acreditar em minha capacidade.

Agradeço também meu co-orientador *Daniel Sergio Presta Garcia*, por tudo o que tive o privilégio de aprender com ele durante nossa longa convivência, não somente na realização deste trabalho, mas também ao longo de 03 anos de CIENGE. É um exemplo de pessoa e profissional para mim! Obrigado pela paciência e dedicação!

À minha família, que sempre esteve unida para me apoiar. Aos meus queridos pais *Valmir Francisco Basso e Marli Terezinha Basso*, modelos de amor e vida.

À minha namorada e futura esposa *Denise Ramos Daros* que, apesar das dificuldades criadas por nós mesmos, esteve sempre ao meu lado, me confortando e estimulando para seguir em frente.

Aos colegas de LASTRAN, *João Rodrigo, Felipe, Mara, Paula, Carlos, Hansen, Ana, Tsu, André e Ingrid*, que muito me ajudaram nesta jornada.

Ao meus amigos *Leonardo e Martin*, pela contribuição na conclusão deste trabalho e pelo apoio em todos os momentos.

Não poderia deixar de agradecer a todos os *colaboradores* deste trabalho, com os quais muito aprendi sobre perseverança e dedicação.

RESUMO

A velocidade elevada e a sua variabilidade são consideradas fatores determinantes na causa de acidentes e gravidade dos mesmos. A frequência dos acidentes decresce quando os limites de velocidade estabelecidos são apropriados ou realísticos. O limite estabelecido deve estar de acordo com as velocidades praticadas pela média dos condutores ditos prudentes, ou este limite não será considerado.

No presente estudo é elaborado um método para estabelecimento de limites de velocidade básicos para rodovias de pista simples do Estado do Rio Grande do Sul. O método parte das velocidades operacionais da via e de seus graus de mobilidade e acessibilidade, sugerindo um limite de velocidade único para os dois sentidos da via. Também são sugeridas velocidades de advertência em curvas do alinhamento horizontal.

Seis rodovias do Estado do Rio Grande do Sul foram selecionadas para um estudo de caso. A seleção procura englobar rodovias de classes de projeto e região diferentes, para que se possa fazer uma análise ampla de projetos de rodovias.

As rodovias, a partir de suas velocidades operacionais e dados de geometria, têm seus limites de velocidade calculados. Na seqüência, as velocidades de advertência são calculadas. Os resultados são apresentados em forma de gráficos para facilitar a compreensão da distribuição das velocidades ao longo da extensão do trecho. Os resultados de cada trecho são analisados e comparados.

Palavras-chave: rodovia, limite de velocidade, velocidade operacional.

ABSTRACT

High speed and its variability are considered determining factors in the cause of accidents and its severity. The frequency of accidents decreases when the speed limits established are appropriate or realistic. The limit must be established in accordance with the speeds practiced by the average conservative drivers, or this limit will not be considered.

In the present study a method is developed to establish basic speed limits for two-lane highways of the state of Rio Grande do Sul. The method relies on the operational speed of the track and its degrees of mobility and accessibility, suggesting one speed limit for both ways of the road. It is also suggested warning speeds for curves in the horizontal alignment.

Six two-lane highways of the state of Rio Grande do Sul were selected for a case study. The selection was made so all classes of project and different regions were included, in a way that analysis of different projects could be done.

The two-lane highways have their limits of speed calculated, from their operating speeds and geometry data. Next, the warning speeds are calculated. The results are presented in the form of graphs to facilitate the understanding of the distribution of velocities along the length of the segment. The results of each different segment are analyzed and compared.

Keywords: two-lane highway, speed limit, operational speed

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de frequência acumulada de velocidades com indicação da velocidade operacional (V85).....	9
Figura 2 - Fluxograma do modelo de estabelecimento de limites proposto por Tsu (2003)....	20
Figura 3 – Taxa de envolvimento em acidentes para desvios da velocidade média (TRB,1998)	24
Figura 4 – Relação entre velocidade e envolvimento em acidentes (TRB, 1998).....	25
Figura 5 – Taxa de envolvimento em acidentes para desvios da velocidade média (TRB, 1998)	25
Figura 6 – Efeito da mudança de velocidade durante o impacto no risco de fatalidade (TRB, 1998).....	27
Figura 7 – Efeito da alteração dos limites de velocidade	33
Figura 8 - Fluxograma do modelo de estabelecimento de limites de velocidade.....	36
Figura 9 - Nível de mobilidade e acessibilidade (DNER, 1999).....	37
Figura 10 – V85 potencial x V85 efetiva (Garcia, 2008)	39
Figura 11 - Gráfico de velocidades operacionais (Garcia, 2008).....	41
Figura 12 – Algoritmo para cálculo do limite de velocidade	42
Figura 13 – Gráfico de velocidades operacionais e limite legal de velocidade básico ajustado	48
Figura 14 – Mapa rodoviário do trecho em estudo.....	51
Figura 15 – Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 0+000 ao km 5+000.....	57

Figura 16 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 5+000 ao km 10+000.....	58
Figura 17 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 10+000 ao km 15+000.....	59
Figura 18 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 15+000 ao km 20+000.....	60
Figura 19 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 20+000 ao km 25+000.....	61
Figura 20 – Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 116BRS3110.....	64
Figura 21 – Porcentagem de cada velocidade do trecho 116BRS3110.....	65
Figura 22 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 116BRS3080	66
Figura 23 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 116BRS3080.....	67
Figura 24 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 386BRS0240	68
Figura 25 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 386BRS0240.....	68
Figura 26 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 030ERS0090.....	69
Figura 27 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 030ERS0090.....	70
Figura 28 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 130ERS0110.....	71
Figura 29 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 130ERS0110.....	71
Figura 30 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 040ERS0050.....	72
Figura 31 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 0+000 ao km 5+000.....	110
Figura 32 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 5+000 ao km 10+000.....	111

Figura 33 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 10+000 ao km 15+000.....	112
Figura 34 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 15+000 ao km 20+000.....	113
Figura 35 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 20+000 ao km 25+000.....	114
Figura 36 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 25+000 ao km 30+000.....	115
Figura 37 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 0+000 ao km 5+000.....	116
Figura 38 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 5+000 ao km 10+000.....	117
Figura 39 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 10+000 ao km 15+000.....	118
Figura 40 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 15+000 ao km 20+000.....	119
Figura 41 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 20+000 ao km 25+000.....	120
Figura 42 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 25+000 ao km 30+000.....	121
Figura 43 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS3080 do km 30+000 ao km 35+000.....	122
Figura 44 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 0+000 ao km 5+000.....	123
Figura 45 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 5+000 ao km 10+000.....	124

Figura 46 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 10+000 ao km 15+000.....	125
Figura 47 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 15+000 ao km 20+000.....	126
Figura 48 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 20+000 ao km 25+000.....	127
Figura 49 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 25+000 ao km 30+000.....	128
Figura 50 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 30+000 ao km 35+000.....	129
Figura 51 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS0110 do km 0+000 ao km 5+000.....	130
Figura 52 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS0110 do km 5+000 ao km 10+000.....	131
Figura 53 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS011 do km 10+000 ao km 15+000.....	132
Figura 54 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS0110 do km 15+000 ao km 20+000.....	133
Figura 55 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS0110 do km 20+000 ao km 25+000.....	134
Figura 56 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 0+000 ao km 5+000.....	135
Figura 57 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 5+000 ao km 10+000.....	136
Figura 58 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 10+000 ao km 15+000.....	137

Figura 59 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 15+000 ao km 20+000.....	138
Figura 60 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 20+000 ao km 25+000.....	139
Figura 61 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 25+000 ao km 30+000.....	140
Figura 62 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 30+000 ao km 35+000.....	141
Figura 63 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 35+000 ao km 40+000.....	142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidade diretriz em função da classe de projeto e do relevo	8
Tabela 2 - Verificações para estabelecimento preliminar de limite de velocidade (unidades no Sistema Internacional)	15
Tabela 3 - Verificações para estabelecimento preliminar de limite de velocidade (unidades no Sistema Internacional)	16
Tabela 4 – Número de feridos/100 ocupantes pela variação da velocidade no momento do impacto	28
Tabela 5 – Aumento das velocidades observadas após o aumento do limite de velocidade de 88 para 104 km/h	34
Tabela 6 - Relação geral entre classe funcional e classe de projeto	37
Tabela 7 - Mobilidade e acessibilidade conforme classe de projeto	38
Tabela 8 - Taxas de aceleração segundo intervalos de velocidade.....	40
Tabela 9 - Taxas de desaceleração segundo intervalos de velocidade	40
Tabela 10 - Valores percentuais das taxas de aceleração máxima, segundo a rampa	40
Tabela 11 - Critérios de arredondamento	43
Tabela 12 - Cálculo de velocidades múltiplas de 10 km/h.....	44
Tabela 13 – Agrupamento de segmentos com velocidade constante (para um sentido)	44
Tabela 14 - Alteração de picos de velocidade para segmentos curtos.....	45
Tabela 15 - Alteração de velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m	45
Tabela 16 - Alteração de velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000m	46
Tabela 17 - Alteração de velocidades de segmentos com extensão menor que 3000m	46

Tabela 18 – Ajustes de redução da velocidade.....	47
Tabela 19 – Trechos utilizados para o estudo.....	50
Tabela 20 - Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade.....	52
Tabela 21 – Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m.....	54
Tabela 22 – Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m	54
Tabela 23 – Limites de velocidade para o dois sentidos de tráfego	55
Tabela 24 – Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes	55
Tabela 25 – Limite de velocidade para o trecho 116BRS3110	55
Tabela 26 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 116BRS3110.....	63
Tabela 27 – Porcentagem do trecho 116BRS3110 com velocidade de advertência	65
Tabela 28 - Porcentagem do trecho 116BRS3080 com velocidade de advertência	67
Tabela 29 - Porcentagem do trecho 386BRS0240 com velocidade de advertência	69
Tabela 30 - Porcentagem do trecho 030ERS0090 com velocidade de advertência	70
Tabela 31 - Porcentagem do trecho 130ERS0110 com velocidade de advertência	72
Tabela 32 – Quadro resumo dos seis trechos em estudo	73
Tabela 33 – Comparação entre velocidades de projeto e limites de velocidade	74
Tabela 34 - Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110.....	84
Tabela 35 – Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3080.....	88
Tabela 36 – Velocidade operacional efetiva do trecho 386BRS0240.....	93
Tabela 37 - Velocidade operacional efetiva do trecho 030ERS0090.....	95

Tabela 38 - Velocidade operacional efetiva do trecho 130ERS0110.....	96
Tabela 39 - Velocidade operacional efetiva do trecho 040ERS0050.....	96
Tabela 40 - Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade.....	97
Tabela 41 - Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m.....	98
Tabela 42 - Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m	98
Tabela 43 - Limite de velocidade para os dois sentidos de tráfego.....	99
Tabela 44 - Limite de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes.....	99
Tabela 45 - Limite de velocidade para o trecho 116BRS3080.....	99
Tabela 46 - Velocidades do trecho 386BRS0240 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade.....	100
Tabela 47 - Velocidades do trecho 386BRS0240 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m.....	101
Tabela 48 - Velocidades do trecho 386BRS0240 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m	101
Tabela 49 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego	101
Tabela 50 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes	102
Tabela 51 - Limite de velocidade para o trecho 386BRS0240.....	102
Tabela 52 - Velocidades do trecho 030ERS0090 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade.....	103
Tabela 53 - Velocidades do trecho 030ERS0090 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m.....	103

Tabela 54 - Velocidades do trecho 030ERS0090 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m	104
Tabela 55 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego	104
Tabela 56 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes	104
Tabela 57 - Limite de velocidade para o trecho 030ERS0090	104
Tabela 58 - Velocidades do trecho 130ERS0110 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade.....	105
Tabela 59 - Velocidades do trecho 130ERS0110 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m.....	105
Tabela 60 - Velocidades do trecho 130ERS0110 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m	105
Tabela 61 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego	106
Tabela 62 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes	106
Tabela 63 - Limite de velocidade para o trecho 130ERS0110	106
Tabela 64 - Velocidades do trecho 040ERS0050 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade.....	107
Tabela 65 - Velocidades do trecho 040ERS0050 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m.....	107
Tabela 66 - Velocidades do trecho 040ERS0050 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m	107
Tabela 67 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego	108
Tabela 68 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes	108
Tabela 69 - Limite de velocidade para o trecho 040ERS0050	108
Tabela 70 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 116BRS3080....	143

Tabela 71 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 386BRS0240.... 144

Tabela 72 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 030ERS0090.... 145

Tabela 73 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 130ERS0110.... 146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores utilizados no método do ITE	14
Quadro 2 - Variáveis de entrada para os diferentes tipos de rodovias do método USLIMITS2	19
Quadro 3 - Aspectos a serem considerados nos casos de rodovias novas e rodovias existentes	21
Quadro 4 – Estudos do Limite de 104 km/h e a Segurança das Rodovias nos Estados Unidos	29
Quadro 5 – Estudos dos efeitos da redução do limite de velocidade em outros países.....	31

SIGLAS E ABREVIACÕES

DAER – Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem

SRE – Sistema Rodoviário Estadual

NHTSA – National Highway Traffic Safety Administration

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

FHWA – Federal Highway Administration

ARRB - Australian Road Research Board

ITE – Institute of Transportation Engineers

TRB – Transportation Research Board

NHSL - National Maximum Speed Limit

AIS - Abbreviated Injury levels

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Justificativas e motivações	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Limitações do trabalho	2
1.5 Estrutura do trabalho	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Introdução	5
2.2 Legislação pertinente	5
2.3 Conceitos relacionados à velocidade	7
2.3.1 Velocidade de projeto ou diretriz	7
2.3.2 Velocidade média	8
2.3.3 Velocidade operacional	8
2.3.4 Velocidade limite	9
2.3.5 Velocidade de advertência	10
2.3.6 Intervalo de 10 mph	10
2.4 Diferentes tipos de limites de velocidade	10
2.4.1 Limites estatutários	10
2.4.2 Limites ótimos	11
2.4.3 Limites baseados em estudos de engenharia	11
2.4.4 Limites especialistas	11
2.4.5 Outros limites	12
2.5 Métodos de estabelecimentos de limite de velocidade	13
2.5.1 Método do <i>Institute of Transportation Engineers</i> (ITE)	13
2.5.2 Método VLIMITS	16
2.5.3 Método USLIMITS2	17
2.5.4 Método de Tsu	19
2.5.5 Método do Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU)	22
2.6 A relação entre velocidade e acidentes	23

2.6.1	Velocidade e o envolvimento em acidentes.....	24
2.6.2	Velocidade e severidade dos acidentes.....	26
2.6.3	Mudança dos limites de velocidade e os acidentes.....	28
2.6.4	Mudança dos limites de velocidade e a sua conseqüência nas velocidades operacional e média e na distribuição de velocidades.....	32
2.7	Considerações finais.....	34
3.	MÉTODO PROPOSTO PARA ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE VELOCIDADE.....	35
3.1	Introdução.....	35
3.2	Limite de velocidade.....	35
3.2.1	Cálculo das Velocidades Operacional e Operacional Efetiva.....	38
3.2.2	Cálculo do limite de velocidade.....	41
3.3	Velocidades de advertência.....	48
3.3.1	Curvas do alinhamento horizontal.....	48
3.4	Sinalização.....	49
3.5	Conclusão.....	49
4.	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM TRECHOS RODOVIÁRIOS: RESULTADOS E ANÁLISE.....	50
4.1	Seleção dos trechos para realização do estudo.....	50
4.2	Resultados do trecho 116BRS3110.....	51
4.3	Resultado dos demais trechos.....	64
4.4	Análise dos Resultados.....	64
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
5.1	Conclusão.....	74
5.2	Recomendações.....	75
6.	ANEXOS	82

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

As altas velocidades praticadas por motoristas têm sido freqüentemente utilizadas para justificar a grande quantidade de acidentes e fatalidades em rodovias. As velocidades praticadas por veículos acima das velocidades regulamentares ou acima das condições da via são utilizadas para a comparação dos dados de acidentes (NHTSA *apud* TRB, 1998).

O efeito da velocidade nos envolvimento de acidentes foi postulado por Solomon (1964) como sendo uma função da variação da velocidade. Segundo seu estudo, taxas de acidentes foram menores para velocidades próximas as velocidades médias do tráfego, e crescentes com grandes desvios acima e abaixo da média.

Quando o acidente acontece, o veículo muda rapidamente de velocidade. O veículo desacelera rapidamente, mas os seus ocupantes continuam em movimento na velocidade que o veículo trafegava antes do impacto (EVANS, 1991). Quanto maior a velocidade que os ocupantes precisam absorver no momento do impacto, maior a probabilidade e a severidade dos danos e ferimentos. A probabilidade de ferimentos e danos em acidentes viários é função direta da velocidade de impacto.

Os limites de velocidade têm a função de estabelecer um patamar superior de velocidade que reduz a probabilidade de ocorrência de acidentes e a severidade dos mesmos e têm a função de coordenar o tráfego no sentido de reduzir a dispersão entre as velocidades dos veículos na corrente, diminuindo o potencial de conflitos (TRB, 1998).

Em rodovias de alto padrão de projeto, as velocidades operacionais são naturalmente mais elevadas. Entretanto, se a geometria da via é pouco restritiva, há menores oportunidades de conflito e as altas velocidades não indicam riscos consideráveis para os motoristas.

Em rodovias de pista simples, onde ocorrem restrições de acesso, trafegam diferentes tipos de usuários e o padrão de projeto não é tão elevado, as altas velocidades podem representar riscos. Nestas rodovias ocorre um maior número de conflitos, tanto para veículos trafegando em sentidos opostos como para veículos trafegando no mesmo sentido.

1.2 Justificativas e motivações

No Estado do Rio Grande do Sul não existem definições de limites de velocidades aplicados nas suas rodovias e também não existe uma ferramenta para gerar tais limites. A legislação apenas acena com um limite que não têm relação com as características geométricas da rodovia.

O desenvolvimento de um método para estabelecer limites de velocidade para rodovias com o objetivo de reduzir o número de conflitos entre os veículos e conseqüentemente reduzir o número de acidentes em rodovias de pista simples, motiva o estudo do presente trabalho.

1.3 Objetivos

Fazem parte dos objetivos principais deste estudo:

- O desenvolvimento de método para estabelecimento de limites de velocidade para rodovias de pista simples, a partir de modelos existentes e do aperfeiçoamento de modelos de previsão da velocidade operacional;
- Realizar estudo de caso, analisando os resultados obtidos para as diferentes classes e regiões de projeto.

Os objetivos secundários são os seguintes:

Realizar uma revisão bibliográfica com a apresentação de conceitos relevantes sobre a relação entre velocidade e número e severidade dos acidentes, experiências mundiais com as mudanças de limite de velocidade e os métodos de estabelecimento de limites de velocidade aplicados em todo mundo.

1.4 Limitações do trabalho

Os dados considerados no presente trabalho estão limitados geograficamente ao Estado do Rio Grande do Sul, visto que as rodovias consideradas neste, fazem parte dos Pólos de Concessão Rodoviária do Estado.

O modelo de estimativa da velocidade operacional, deste trabalho, foi concebido a partir de dados de velocidades pontuais de veículos de passeio. Portanto, os limites de velocidade oriundos do método desenvolvido são aplicados apenas para veículos de passeio.

O presente estudo focalizou rodovias pavimentadas de uma única pista com duas faixas em sentidos contrários em regiões não urbanas, também denominadas de rodovias de pista simples.

Rodovias em regiões montanhosas, onduladas e planas formaram a base de dados do estudo. Entre a classificação funcional das rodovias, procurou-se trabalhar com dados de rodovias arteriais, coletoras e locais sem restrições referentes a sua principal função (mobilidade ou acessibilidade). Quanto ao enquadramento na Classe da Rodovia (DAER/RS 1991 e DNER 1999), não foram considerados os trechos de rodovias do tipo Classe 0, Classe 1A e Classe 4.

1.5 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos, incluindo ainda, as referências bibliográficas e anexos.

No Capítulo 1 – INTRODUÇÃO é apresentada uma visão inicial do tema a ser abordado na presente dissertação. Também são abordados os objetivos propostos, suas justificativas, limitações e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO apresenta uma revisão da literatura disponível quanto a estudos sobre a relação da velocidade com o número e severidade dos acidentes, taxas de acidentes decorrentes de mudanças de limite de velocidades e métodos de estabelecimento de limites de velocidade. Para tanto, a pesquisa concentrou-se em publicações que apresentam o Estado da Arte em projetos e segurança viária.

O Capítulo 3 – MÉTODO PARA ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE VELOCIDADE EM RODOVIAS descreve, em detalhes, os fundamentos presentes no método proposto. Este capítulo é constituído e separado em 2 partes complementares: estabelecimento de limites de velocidade básicos e, velocidades de advertência para curvas do alinhamento horizontal.

No Capítulo 4 – APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM TRECHOS DE RODOVIÁRIOS: RESULTADOS E ANÁLISE é desenvolvido um estudo de caso, com a aplicação do método proposto em diferentes trechos de rodovias do Estado do Rio Grande do Sul. Os resultados são apresentados através de gráficos e tabelas. A análise dos 6 trechos estudados é feita através da leitura de gráficos de limites de velocidade.

O Capítulo 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES apresenta as considerações finais da pesquisa, suas limitações e recomendações para futuros trabalhos na área.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Introdução

A revisão bibliográfica, desenvolvida para o presente trabalho, teve por objetivo principal identificar o que vem sendo realizado no Brasil e no mundo em estudos de limites de velocidade de rodovias.

No presente capítulo são apresentados conceitos de velocidades, estudos sobre mudança de limites de velocidade, relação de velocidade com acidentes e modelos existentes no Brasil e no mundo para estabelecimento de limites de velocidade.

2.2 Legislação pertinente

O Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997) é o principal instrumento legal de em vigência no Brasil. Ele estabelece, dentre outras disposições, normas gerais de conduta e circulação para os motoristas, indicando também os limites de velocidade máximos e mínimos das diferentes classes de rodovias. Os limites máximos de velocidade, onde não existir sinalização regulamentadora, sugeridos pelo código em seu artigo 61 para rodovias definidas como vias rurais pavimentadas são:

- 110 km/h para automóveis e caminhonetes;
- 90 km/h para ônibus e microônibus;
- 80 km/h para os demais veículos.

Em rodovias rurais não pavimentadas, designadas como estradas, a velocidade limite sugerida é de 60 km/h, independente do tipo de veículo.

Conforme o artigo 62 do mesmo documento, a velocidade mínima não poderá ser inferior à metade da velocidade máxima estabelecida, respeitadas as condições operacionais de trânsito e da via.

Os valores apresentados no Código de Trânsito Brasileiro são definidos numericamente, mas não existe nenhuma orientação de como proceder quando os limites estabelecidos não podem ser aplicados devido às diferentes características da via. Por este motivo, a aplicação de valores numéricos não associados a uma metodologia é limitada.

Os limites de velocidade sugeridos pelo código de Trânsito Brasileiro podem ser modificados, por meio de sinalização, para velocidades superiores ou inferiores, pelos órgãos ou entidades de trânsito ou rodoviário com circunscrição sobre as vias.

No nível estadual, portarias específicas são utilizadas para definir limites máximos em rodovias locais. Estes limites favorecem uma melhor fiscalização e adaptação por parte dos estados. Um consenso estadual é mais fácil de ser obtido do que um nacional, ou seja, as rodovias de um mesmo estado possuem maior similaridade, por características do relevo da região, características da frota, etc.

No Estado de São Paulo, a portaria SUP/DER-61 do Departamento de Estradas de Rodagem, de 30 de setembro de 2002 (DER/SP, 2002), estabelece limites de velocidade a serem considerados no estado. Algumas rodovias passaram a ter limites de velocidade de 120 km/h, para automóveis, utilitários e motocicletas, e 90 km/h para caminhões e ônibus. As rodovias de pista simples foram limitadas ao valor de 100 km/h para veículos de passeio e 80 km/h para caminhões e ônibus. Para as rodovias rurais não pavimentadas, o limite de velocidade é de 60 km/h para todos os tipos de veículos.

Os limites de velocidade mencionados por esta portaria podem sofrer apenas reduções. Segundo esta, cabe aos diretores das divisões regionais estabelecerem velocidades abaixo das discriminadas, em trechos de rodovias cujas características funcionais de ocupação, uso da área lindeira e condições geométricas exijam e justifiquem a sua limitação.

A deficiência encontrada na portaria, a exemplo do que ocorre no Código de Trânsito Brasileiro, é a falta de orientações e critérios claros para a definição de locais que merecem novos limites de velocidade e também os procedimentos para fixar tais limites.

No Estado do Rio Grande do Sul não existe nenhuma portaria estadual específica para determinar limites de velocidade. Portanto, os limites adotados são os que foram apresentados pelo Código de Trânsito Brasileiro.

2.3 Conceitos relacionados à velocidade

2.3.1 Velocidade de projeto ou diretriz

A definição de velocidade de projeto vem evoluindo desde 1936, quando Barnett a definiu como a velocidade máxima uniforme que poderia ser adotada por um grupo de motoristas rápidos em áreas não urbanas (Barnett *apud* TRB, 2003).

A AASHTO adotou a mesma linha de pensamento até o ano de 1994, quando mudou o conceito que definia a velocidade de projeto como a máxima velocidade segura que poderia ser mantida ao longo de um segmento determinada pelas características geométricas da via (AASHTO, 1994).

Em 2001, a AASHTO estabeleceu o conceito atual da velocidade de projeto como a velocidade selecionada e utilizada para determinar as diversas características geométricas da via (AASHTO, 2001). Este conceito evidencia a relação entre a velocidade e os parâmetros de projeto adotados, já que, uma vez definida a velocidade de projeto, muitos parâmetros serão definidos em relação a esta. Desta forma, a geometria da via está fortemente ligada à velocidade de projeto.

Segundo o DNER (1999), a velocidade de projeto, também conhecida como velocidade diretriz, é a velocidade selecionada para o projeto das vias e que condiciona as principais características das mesmas. A velocidade de projeto representa a maior velocidade a ser atingida por um veículo padrão, em um trecho viário, mantendo-se as condições de segurança dentro de valores pré-estabelecidos no projeto.

A Tabela 1 apresenta a relação entre a velocidade diretriz, o relevo e a classe da rodovia. Nota-se que a velocidade de projeto máxima de 120 km/h só ocorre em rodovias de classe de projeto 0 em relevo plano. Em outras circunstâncias as velocidades de projeto são inferiores.

Tabela 1 - Velocidade diretriz em função da classe de projeto e do relevo

Classe de Projeto	Velocidades Diretrizes para projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80 – 60	60 - 40	40 – 30

Fonte: DNER (1999)

Nos diferentes conceitos citados anteriormente, pode-se notar a forte relação da velocidade de projeto e as características geométricas da via. Quanto maior a velocidade de projeto adotada, melhor precisam ser as características geométricas, assim gerando altos custos. No Brasil, a contenção de custos na implantação de obras de rodovias faz com que a velocidade de projeto seja reduzida, muitas vezes não atendendo o nível requerido de geometria (Garcia, 2008).

Outro aspecto considerado na designação da velocidade de projeto é a função a ser exercida pela via. Quando a mobilidade deve ser priorizada, as velocidades adotadas devem ser elevadas, enquanto que, quando a acessibilidade vem em primeiro lugar, a velocidade deve ser inferior.

2.3.2 Velocidade média

A velocidade média é a medida de tendência central mais utilizada. Usando-se dados de velocidade pontual, velocidade instantânea de um veículo em um determinado ponto, a velocidade média é obtida somando-se todos os dados de velocidade e dividindo-os pelo tamanho da amostra (TRB, 1998).

2.3.3 Velocidade operacional

Em 1994, a AASHTO definia a velocidade operacional como a mais alta velocidade de percurso que o veículo poderia alcançar em uma dada via sob condições favoráveis de tempo e nas condições predominantes de tráfego, sem exceder em nenhum instante a velocidade utilizada no projeto geométrico (AASHTO, 1994).

Esta definição foi modificada pela própria AASHTO, que agora defende a velocidade operacional como aquela na qual se observa os condutores operando seus veículos sob condições de fluxo livre (AASHTO, 2001). O percentil 85 (V_{85}) da distribuição de velocidades observadas, ou seja, a velocidade no máximo alcançada por 85% dos condutores é, geralmente, adotada como velocidade operacional. A V_{85} pode ser obtida a partir da análise estatística dos dados de velocidade pontual de uma determinada amostra. A Figura 1 apresenta a curva de distribuição de frequência acumulada das velocidades, onde o percentil 85 é adotado como velocidade operacional.

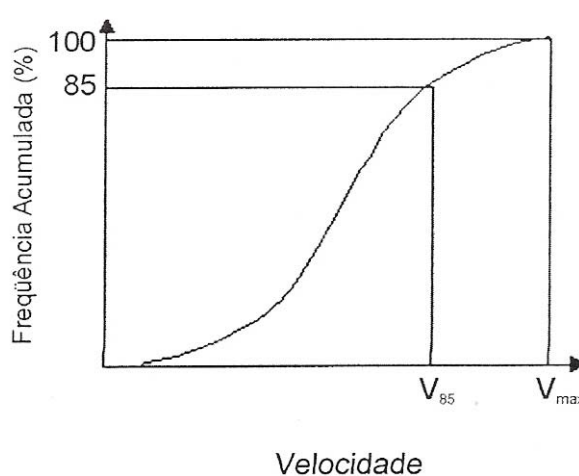


Figura 1 – Distribuição de frequência acumulada de velocidades com indicação da velocidade operacional (V_{85})

Segundo o *Glossary of Transportation Terms* (1994) a velocidade operacional também é conhecida como a velocidade máxima segura na qual um veículo pode operar em uma dada via sob boas condições de tráfego e ambientais. Por este motivo, ela vem sendo utilizada nos estudos recentes para estabelecer a velocidade limite.

2.3.4 Velocidade limite

Também denominada de velocidade regulamentada, é a velocidade máxima (ou mínima) permitida para uma rodovia ou segmentos desta (ITE, 1993). Limites razoáveis, próximos à velocidade operacional da via, normalmente são bem aceitos, enquanto que limites excessivamente baixos podem ser ignorados pelos motoristas.

2.3.5 Velocidade de advertência

Quando a velocidade confortável para um trecho de rodovia é menor que a velocidade limite, adota-se uma velocidade de advertência. A velocidade de advertência é a velocidade segura para determinadas condições pontuais da rodovia, como, por exemplo, em curvas horizontais (Fitzpatrick et al., 1996).

2.3.6 Intervalo de 10 mph

O intervalo de 10 mph (16 km/h) corresponde àquele que comporta a maior porcentagem de veículos trafegando em certa seção. Este parâmetro é obtido através da análise da curva de distribuição de velocidades associada a um determinado local (TRB, 1998).

2.4 Diferentes tipos de limites de velocidade

O estudo realizado pelo TRB (1998) tinha como principal objetivo revisar os métodos praticados para estabelecimento de limites de velocidade, em seus diferentes tipos, em todos os tipos de rodovias. O relatório classificou os limites de velocidade em quatro grupos.

2.4.1 Limites estatutários

Os limites estatutários são aqueles impostos por leis (TRB, 1998). São geralmente utilizados na aplicação de limites genéricos, buscando um equilíbrio entre segurança, tempos de viagem e outros objetivos políticos. Estes limites fornecem uma orientação geral compatível com os usos das diferentes rodovias que compõem um malha viária (Tsu, 2003).

Os limites estatutários precisam ser complementados por limites mais específicos para certos locais, já que são muito genéricos e podem, em certas ocasiões, corresponder a limites altos ou baixos demais para determinadas condições da via (Tsu, 2003).

Um caso bastante conhecido de limite estatutário é chamado de NMSL – *National Maximum Speed Limit* (limite máximo de velocidade nacional), adotado nos Estados Unidos na década de 70. O limite de 88 km/h foi adotado politicamente com o intuito de manter o consumo de combustível em um determinado nível, devido à crise do petróleo (TRB, 1998).

O Código de Trânsito Brasileiro e a portaria SUP/DER-61 do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo são exemplos de limites estatutários aplicados no Brasil.

2.4.2 Limites ótimos

O limite de velocidade ótimo é baseado em análises de custo-benefício. O limite é encontrado quando o melhor nível de custo-benefício para a sociedade é atingido. Este limite não é utilizado na prática, pois é de difícil aplicação já que as análises de custo-benefício são bastante complexas e, além disso, os limites adotados ficam abaixo dos limites que seriam desejados por parte dos condutores (TRB, 1998).

2.4.3 Limites baseados em estudos de engenharia

O método mais comum para estabelecimento de limites de velocidade em zonas de velocidade é baseado em estudos de engenharia. Os estudos utilizam dados coletados e análises para determinação de um limite apropriado. Os dados incluem as velocidades de tráfego, dados de acidentes, informações da rodovia, volume de tráfego e condições da pista (TRB, 1998).

As zonas de velocidade são trechos de ruas ou rodovias onde a velocidade limite estatutária não é apropriada e um limite baseado em estudos de engenharia precisa ser aplicado. O objetivo do uso das zonas de velocidade é estabelecer limites razoáveis e seguros para um determinado trecho da rodovia.

A velocidade operacional é o fator mais utilizado para a determinação do limite de velocidade adequado. Outros fatores considerados são os dados de acidentes, condições lindeiras, características geométricas e os limites máximos estatutários (Fitzpatrick et al. 1997).

Utilizando a velocidade operacional como guia para o estabelecimento de limites de velocidade, está implícito que a maioria dos condutores é capaz de julgar e determinar a velocidade adequada de ponto de vista da segurança. Considerando que a velocidade operacional engloba 85% de todos os condutores, os 15% restantes estariam trafegando fora do limite estabelecido.

2.4.4 Limites especialistas

Os fatores considerados no estabelecimento de limites de velocidade baseados no uso de sistemas especialistas aproximam-se bastante daqueles utilizados para os limites baseados em estudos de engenharia.

Os limites baseados em sistemas especialistas diferenciam-se dos limites baseados em estudos de engenharia, pois utilizam aplicativos computacionais capazes de imitar o processo de decisão de especialistas, ainda que tais decisões sejam referentes a problemas mais complexos (TRB, 1998).

As decisões tomadas por especialistas precisam ser verbalizadas e transformadas em instruções e passos a serem seguidos. Assim, a abordagem pode ser utilizada através da criação de algoritmos computacionais que seguem estas instruções.

Esta abordagem de estabelecimento de limites de velocidade apresenta-se como uma das mais adequadas, pois acompanha o desenvolvimento tecnológico atual. No entanto, é importante não usá-las indiscriminadamente, já que os programas computacionais não têm a habilidade de aprender com a análise dos resultados alcançados. Para melhor aproveitamento da ferramenta, ela deve ser utilizada somente como auxílio na tomada de decisão.

2.4.5 Outros limites

Um tipo de limite utilizado em Montana, nos Estados Unidos, adota uma velocidade sem indicação numérica específica, ou seja, os condutores devem conduzir a velocidades razoáveis e próprias para as condições que se encontram (TRB, 1998).

Tendo em vista que os motoristas, ao selecionarem a velocidade por conta própria, não levam em consideração fatores importantes que constituem a base para o estabelecimento de limites de velocidade, este método não é aconselhável. Os motoristas desconhecem as externalidades, têm informações insuficientes e subestimam o efeito da velocidade.

Outro ponto que torna a alternativa pouco recomendável é a dificuldade de fiscalização (TRB, 1998). O limite de velocidade passa a ser interpretado de forma diferente para cada motorista e por agentes de fiscalização, ou seja, o processo de autuação torna-se questionável, já que não se tem um limite numérico estabelecido. Este fato, além de tudo, favorece a seleção de velocidades excessivas por parte dos condutores, pois a punição parece ser remota.

Os métodos de estabelecimento de limites apresentados até o momento levam em consideração condições operacionais favoráveis, além de boa visibilidade e boas condições climáticas. Com o avanço da tecnologia e uso cada vez mais freqüente de sistemas

inteligentes de transportes (ITS), tornou-se possível a utilização de limites variáveis. Estes limites variáveis levam em conta as condições do tráfego e ambientais.

Experiências com este tipo de sinalização dinâmica na Alemanha e Holanda indicaram uma melhoria no fluxo de veículos, com redução nos tempos de viagem em 5 a 15% e reduções no número de acidentes de 20 a 50% (FHWA, 1995).

Na prática, este tipo de solução tem custos elevados e deve ser aplicado somente em locais onde o fluxo de veículos seja elevado ou as alterações climáticas e operacionais sejam constantes para justificar os gastos de implantação.

2.5 Métodos de estabelecimentos de limite de velocidade

A necessidade de aumentar a segurança viária através de velocidades seguras e compatíveis com as características geométricas e operacionais das vias, fez com que um grande número de modelos de estabelecimento de limites de velocidade fosse criado em todo o mundo. Os modelos com maior destaque são apresentados a seguir.

2.5.1 Método do *Institute of Transportation Engineers* (ITE)

Os primeiros métodos para estabelecimento de zonas de velocidade eram baseados em estudos de engenharia. O maior exemplo destes métodos é o modelo desenvolvido pelo *Institute of Transportation Engineers* (ITE, 1994). Os fatores considerados no modelo estão relacionados no Quadro 1.

Quadro 1 - Fatores utilizados no método do ITE

Velocidades praticadas	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidade operacional; - Velocidade média de veículos de prova; - Perfil de distribuição de velocidades;
Características Físicas	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidade de projeto; - Características físicas mensuráveis (Velocidade máxima em curvas, espaçamento entre interseções, número de estabelecimentos lindeiros, distância de visibilidade e rampas); - Característica e estado da superfície de rolamento (falta de aderência ou rugosidade, presença de valetas ou lombadas transversais, existência e estado dos acostamentos, existência e estado do canteiro central);
Registro de Acidentes	<ul style="list-style-type: none"> - Dados de acidentes
Características e controle de tráfego	<ul style="list-style-type: none"> - Volumes de veículos; - Estacionamento e carga/descarga; - Existência de veículos Comerciais; - Manobras de conversão e controle; - Semáforos e dispositivos de controle de tráfego; - Conflitos entre pedestres e veículos;

Fonte: Adaptada ITE (1992)

A Tabela 2, integrante do manual de engenharia de tráfego do ITE (1992), apresenta as primeiras diretrizes para o estabelecimento de uma velocidade limite preliminar. Para que os limites preliminares superiores sejam atingidos, duas ou mais características apresentadas na tabela precisam ser satisfeitas.

Tabela 2 - Verificações para estabelecimento preliminar de limite de velocidade (unidades no Sistema Internacional)

Características da Rodovia (duas ou mais precisam ser satisfeitas)				Estimativa preliminar da velocidade máxima (km/h)
Velocidade de Projeto (km/h)	Extensão mínima da zona de velocidade igual ou superior a (m)	Distância média entre interseções igual ou superior a (m)	Número de estabelecimentos comerciais lindeiros não superior a (m)	
30	300	Sem mínimo	Sem máximo	30
50	300	Sem mínimo	Sem máximo	50
60	500	40	8	60
80	800	80	6	80
100	800	150	4	100
110	-	300	1	110

Fonte: ITE (1992)

Na Tabela 3, a faixa de 16 km/h corresponde ao resultado de uma da curva de distribuição das velocidades medidas, conceituada anteriormente. As velocidades obtidas através de veículos de prova são utilizadas em vias com baixo volume de tráfego, onde os dados podem ser facilmente obtidos.

Tabela 3 - Verificações para estabelecimento preliminar de limite de velocidade (unidades no Sistema Internacional)

Características das Velocidades (duas ou mais precisam ser satisfeitas)			Máximo limite de velocidade proposto (km/h)
85° percentil (km/h)	Limites da faixa de 16km/h (km/h)	Velocidade de veículos de prova igual ou superior a (km/h)	
Abaixo de 36	Abaixo de 40	28	30
36 a 44	18 – 47	36	40
44 a 52	26 – 55	44	50
52 a 60	34 – 63	52	50
60 a 68	42 – 71	60	60
68 a 76	50 – 79	68	70
76 a 85	58 – 87	76	80
85 a 93	66 – 95	85	90
93 a 101	74 – 103	93	90
101 a 109	82 – 106	100	100
109 ou mais	Acima de 89	109	110

Fonte: ITE (1992)

A velocidade operacional é o principal fator do método do ITE, pois é a partir de seu valor que são obtidas as primeiras aproximações da velocidade proposta, sujeita ainda à consideração de outros fatores.

O manual estabelece que, uma vez obtido o limite de velocidade preliminar a partir das diretrizes destas tabelas, é necessário um ajuste, de acordo com os demais dados levantados. Neste sentido, faltam indicações mais específicas a respeito da forma que os ajustes devem ser feitos.

Ressalta-se ainda que, além das velocidades resultantes das análises das tabelas apresentadas, há também recomendações quanto a casos específicos de velocidades em curvas horizontais do alinhamento e velocidades adequadas a distâncias de visibilidade de parada. No caso de análise dos dois itens mencionados acima, adota-se a menor velocidade encontrada.

2.5.2 Método VLIMITS

Desenvolvido pela *Australian Road Research Board (ARRB)* nos anos 80, inicialmente para o estado de Victória, foi um dos primeiros modelos baseado em limites especialistas. A

ferramenta inicial foi posteriormente aprimorada para atender outros estados australianos e a Nova Zelândia. O sistema original era baseado em sistema operacional DOS e não evoluía com a experiência adquirida, como alguns sistemas já fazem.

Após medidas de campo em 60 locais, os especialistas revisaram os dados coletados escolhendo as regras para tomada de decisão para determinar a velocidade limite apropriada para várias classes de rodovias e condições de tráfego. Estas regras foram sintetizadas em um programa de computador que leva o usuário a responder uma série de questões sobre a rodovia, resultando na indicação de uma velocidade limite para uma seção particular da via.

A versão mais recente do programa usa um processo de múltiplas etapas, que inclui: (a) Características ambientais da área, (b) Fatores da rodovia e da área lindeira, (c) Primeira aproximação da velocidade limite baseada em a e b, (d) Atividades especiais ou outros fatores que podem modificar o zoneamento final, (e) Velocidade Operacional.

O resultado do processo é a recomendação de uma velocidade limite para a zona considerada e alguns fatores que devem considerados após a implementação. O sistema não permite velocidades acima de um valor geral estabelecido para o tipo particular de rodovia em consideração.

2.5.3 Método USLIMITS2

A *Federal Highway Administration* (FHWA) contratou a *Australian Road Research Board* (ARRB) para o desenvolvimento de um sistema especialista baseado no sistema VLIMITS que pudesse ser aplicado nas rodovias norte americanas. Este sistema foi denominado de USLIMITS. Posteriormente, a FHWA desenvolveu seu próprio sistema, baseado em opiniões de engenheiros de tráfego, policiais rodoviários, tomadores de decisão e pesquisadores de diferentes regiões americanas. O novo sistema passou a se chamar USLIMITS2 e pode ser acessado pelo sítio do programa na internet (<http://www2.uslimits.org>).

O USLIMITS2 trabalha com três diferentes conjuntos de regras que são baseados nos três diferentes tipos de rodovias aos quais se aplicam. Os tipos de rodovias são:

- *Freeways* com acesso limitado: esse tipo de rodovia inclui as *freeways*, *expressways* e rotas interestaduais onde o acesso de entrada e saída é limitado para interseções em

nível. Essas rodovias de alta velocidade geralmente têm limites de velocidade que vão de 88 km/h para áreas urbanas até 120 km/h para áreas rurais. Algumas áreas urbanas podem ter acesso direto para outras ruas, portanto tendo o limite reduzido para 56 km/h. O programa não recomenda para este tipo de rodovia um limite superior a 120 km/h.

- Seção de rodovia em área não urbanizada: Uma área não desenvolvida é aquela onde a urbanização é pequena e área lateral das rodovias é basicamente o ambiente natural. O acesso não é limitado e a velocidade limite fica na faixa de 64 até 104 km/h. As seções com limite de velocidade reduzido são aquelas que apresentam largura de pavimento limitada, com pequenos ou sem acostamentos, e com curvaturas horizontais e verticais que limitem a velocidade. A máxima velocidade limite sugerida pelo programa para este tipo de rodovia é 104 km/h.
- Seção de rodovia em área urbanizada: uma área desenvolvida é aquela em que o homem substituiu quase todo o ambiente natural por construções. O acesso não é restrito e a velocidade limite fica na faixa de 40 até 80 km/h, dependendo do grau de atividade humana que interage com o tráfego de automóveis, projeto da via e com grau de controle de tráfego usado. Seções com baixas velocidades limites são aplicadas no centro da cidade e em áreas residenciais. A velocidade limite máxima considerada para este tipo de via é de 80 km/h. As rodovias em áreas desenvolvidas são ainda divididas em ruas residenciais, ruas residenciais coletoras, ruas comerciais e ruas que servem grandes complexos comerciais.

O Quadro 2 apresenta as variáveis de entrada para os diferentes tipos de rodovias apresentados pelo USLIMITS2.

Quadro 2 - Variáveis de entrada para os diferentes tipos de rodovias do método USLIMITS2

↓Dados de Entrada / Tipo de Rodovia→	Freeway com acesso Limitado	Seção de rodovia em áreas não desenvolvidas	Seção de rodovia em áreas desenvolvidas
Velocidade Operacional: V85 e V50 percentil	•	•	•
Presença ou não de alinhamentos com características diferentes do padrão da rodovia	•	•	•
Essa seção é uma transição para uma rodovia sem restrição de acessos?	•		
Comprimento da seção	•		
Limite estatutário para o tipo de rodovia	•	•	•
Relevo do terreno	•		
Média anual de tráfego diário	•	•	•
Número de interseções	•		
Estatísticas de acidentes	•	•	•
Essa seção é uma transição para uma seção de rodovia em área em desenvolvimento?		•	
Condições da rodovia (escala de 1 até 7)		•	
Números de faixas e presença ou não de divisão		•	
Tipo da área			•
Número de acessos na seção			•
Número de sinais contidos na seção			•
Presença ou ausência de estacionamento na rua			•
Existência de atividade de pedestres e ciclistas			•

O sistema fornece um limite de velocidade para o trecho com a sinalização adequada. Os relatórios finais podem ser impressos e salvos em documentos do MS Word e MS Excel.

2.5.4 Método de Tsu

No Brasil, estudos acadêmicos vêm sendo realizados para encontrar um método que possa ser aplicado, com sucesso, para as características nacionais. O método proposto por Tsu

(2003) leva em consideração as características físicas e operacionais das vias, assim como as expectativas e comportamento previsto dos motoristas em relação a tais características. Sua aplicação é restrita para rodovias de pista simples.

O fluxograma apresentado na Figura 2 sintetiza o modelo, que inicia com um limite de velocidade regulamentar básico, para que o mesmo seja então complementado por limites adequados a situações específicas.

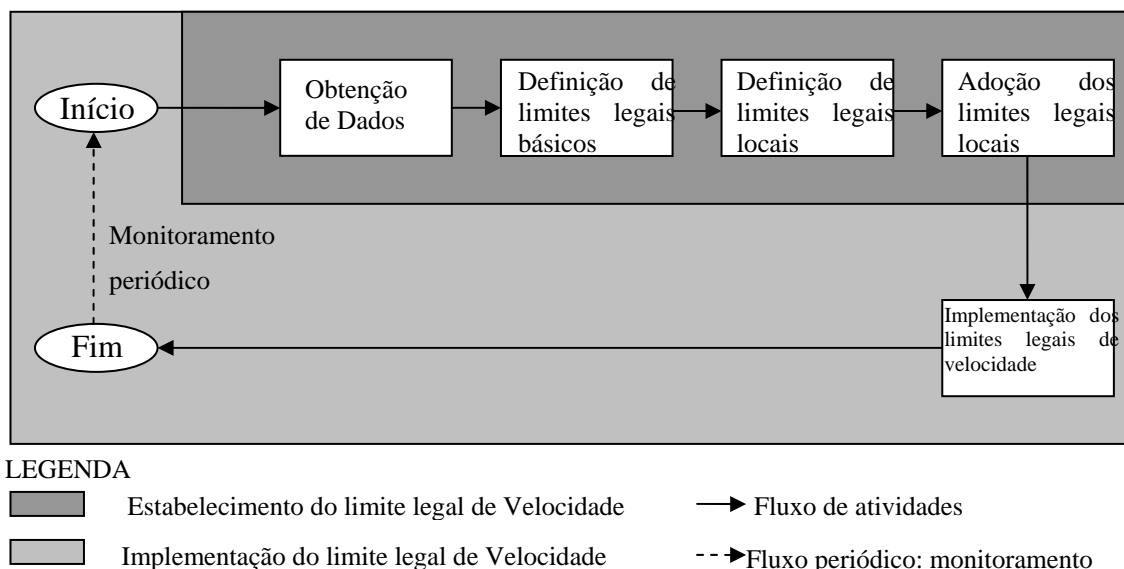


Figura 2 - Fluxograma do modelo de estabelecimento de limites proposto por Tsu (2003)

Na etapa de definição de limites legais básicos são desenvolvidas três atividades em paralelo: obtenção da velocidade de projeto, elaboração do perfil de velocidade operacional e análise de aspectos de acessibilidade e mobilidade.

Na seqüência, e com base nos resultados da etapa anterior, são definidos segmentos homogêneos para a aplicação dos limites básicos, o que resulta também na identificação de alguns locais que, posteriormente, terão tratamento específico.

Após o estabelecimento de limites básicos é necessário complementá-los adotando-se limites locais específicos para determinados trechos. Os limites locais são indicados para curvas do alinhamento horizontal ou para outras particularidades. O Quadro 3 apresenta os principais aspectos a serem considerados, nos casos de rodovias novas e rodovias existentes.

Quadro 3 - Aspectos a serem considerados nos casos de rodovias novas e rodovias existentes

Rodovias Novas	Rodovias Existentes
Zonas Urbanas	Zonas Urbanas
Curvas do alinhamento horizontal	Curvas do alinhamento horizontal
Distâncias de visibilidade de parada	Distâncias de visibilidade de parada
Outras particularidades locais	Outras particularidades locais
	Análise de acidentes

Fonte: Tsu (2003)

Para as zonas de densa ocupação, zonas urbanas, o método sugere a adoção de uma velocidade limite de 50 km/h. Este valor foi adotado baseando-se em estudos realizados na Austrália, que apontam esta velocidade como sendo segura para a situação em questão.

Para as velocidades em curvas do alinhamento horizontal, o método utiliza a metodologia proposta pelo ITE para sinalização de velocidade de advertência (ITE, 1992). A Equação 1 é aplicada para determinar a velocidade máxima para as condições geométricas da curva estudada.

$$V = \sqrt{R \times 127 \times (e + f)} \quad (1)$$

Onde:

V= Velocidade (km/h)

R = Raio da curva analisada (m)

e = Superelevação da curva analisada (m/m)

f = Coeficiente de atrito

A distância de visibilidade de parada também é analisada, comparando-se valores de distância de visibilidade disponíveis com os valores obtidos através de cálculos. A Equação 2, adotada pelo DNER(1999) é utilizada para a obtenção dos valores de distância de visibilidade de parada para as velocidades limites sugeridas nas etapas anteriores do método.

$$DVP = \frac{V \times t_r}{3,6} + \frac{V^2}{2 \times g \times (f + i) \times 3,6^2} \quad (2)$$

Onde:

DVP = Distância de velocidade de parada (m)

V = Velocidade (km/h)

tr = Tempo de percepção e reação do condutor (s)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

i = Declividade, adotada com sinal positivo para greides ascendentes e negativo para greides descendentes (m/m)

f = Coeficiente de atrito (adimensional)

Se as distâncias de visibilidade obtidas pela equação forem maiores que as recomendadas, é necessário reduzir as velocidades limites até que as distâncias de visibilidade de parada tornem-se compatíveis.

A análise de acidentes proposta pelo modelo de Tsu é apenas comparativa, ou seja, locais com maior concentração de acidentes devem ter sinalização adequada e, se necessário, adaptações nas velocidades regulamentares.

A adoção dos limites legais de velocidade corresponde à análise das recomendações resultantes, considerando os limites básicos e locais definidos anteriormente.

2.5.5 Método do Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU)

O CEFTRU (2003) desenvolveu, em parceria com o DETRAN-DF, uma metodologia para a determinação do limite máximo de velocidade nas vias urbanas do Distrito Federal.

A primeira etapa do método é a coleta de dados, que é dividida em cinco categorias diferentes:

- Características Geométricas
- Características Operacionais
- Dados de acidentes
- Caracterização do uso e ocupação do solo
- Velocidade Operacional

Os dados obtidos na etapa de levantamento são tratados de modo a produzir medidas representativas do comportamento geral do tráfego. Diversas velocidades referenciais são obtidas para posteriormente nortear o estabelecimento do limite de velocidade.

Velocidades limites sugeridas pelo Código de trânsito Brasileiro (CTB) e por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), obtidas a partir da classificação funcional da via, também são utilizadas no desenvolvimento do método.

São calculados índices de periculosidade para trechos distintos ou para a via como um todo. O procedimento utilizado para este cálculo foi extraído do manual intitulado Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidente de trânsito (2002) publicado pelo programa PARE do Ministério dos Transportes.

As velocidades referenciais obtidas são ajustadas em função da avaliação do índice de periculosidade e dos impactos na mobilidade advindos dos diferentes usos do solo das áreas lindeiras.

Após a definição das velocidades de referência, das velocidades apresentadas por normas e velocidade de projeto e de elementos de ajuste de velocidade, o limite de velocidade da via é definido.

2.6 A relação entre velocidade e acidentes

Estudos recentes tentam estabelecer uma relação funcional entre a velocidade e a probabilidade de envolvimento em acidentes como a probabilidade de sofrer ferimentos causados pelo acidente (consequência dos acidentes). Estas diferentes distinções, também conhecidas como segurança primária e secundária, podem ser explicadas separadamente (Raghavan, Parker, Harkey, Tharpe, & Summer, 2006).

O envolvimento em acidentes, explica as causas dos acidentes e as ações que devem ser tomadas para evitá-los, enquanto que as consequências dos acidentes explicam os danos causados e formas de proteger os indivíduos envolvidos. Como forma de intervenção na segurança primária, os dispositivos mais conhecidos são os alertas de segurança, sinalização, melhorias nos veículos, estabelecimento de velocidades limite, ou seja, tudo o que possa contribuir para evitar que o acidente aconteça. Já a intervenção na segurança secundária aborda dispositivos para evitar a severidade dos acidentes, um bom exemplo é a utilização do cinto de segurança (Raghavan, Parker, Harkey, Tharpe, & Summer, 2006).

Muito já se sabe sobre as consequências das velocidades nos acidentes e o que pode ser feito para minimizar os danos causados. Enquanto isso, muitos esforços vem sendo feitos para explicar a relação entre a velocidade e a causa dos acidentes. Recentemente, existe uma tendência de focar os estudos em aspectos mais específicos da velocidade nos acidentes ao invés da relação propriamente dita, como por exemplo, o estabelecimento de velocidades limite.

2.6.1 Velocidade e o envolvimento em acidentes

O efeito da velocidade no envolvimento de acidentes foi descrito inicialmente por Solomon (1964) como sendo uma função da variação da velocidade. Segundo este estudo, taxas de acidentes foram menores para velocidades próximas as velocidades médias do tráfego, e crescentes com grandes desvios acima e abaixo da média. O estudo mostrou que veículos em baixa velocidade tinham maior probabilidade de envolver-se em acidentes do que veículos em alta velocidade.

Cirillo (1968), em análise similar, confirmou os resultados de Solomon, acrescentando dados de *freeways* interestaduais. A Figura 3 apresenta o gráfico resultante dos estudos mencionados acima, mostrando a parábola resultante em rodovias rurais no período noturno e diurno e para *freeways* nos EUA.

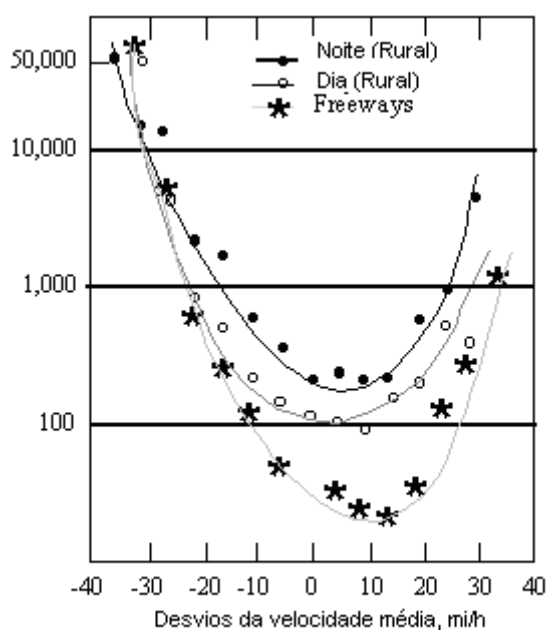


Figura 3 – Taxa de envolvimento em acidentes para desvios da velocidade média (TRB,1998)

West e Dunn (1971) relataram o estudo feito pela RTI (*Research Triangle Institute*), no qual 44% de todos os acidentes envolviam veículos fazendo reversão. Retirando estes tipos de acidentes da análise, a parábola estudada anteriormente sofreu alterações. O risco de trafegar em velocidades inferiores à velocidade média não se mostrou tão significante, assim contrariando os estudos anteriores. Como podemos ver na Figura 4, que mostra o resultado do estudo, o risco de acidente é maior para velocidades acima de dois desvios da velocidade média.

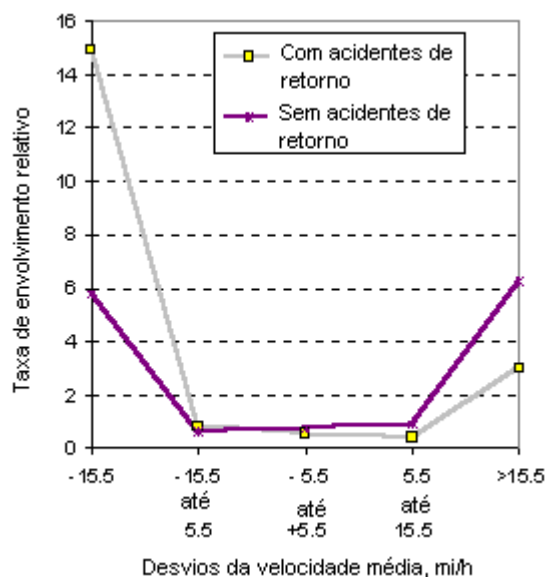


Figura 4 – Relação entre velocidade e envolvimento em acidentes (TRB, 1998)

Em estudo mais recente na Austrália (Fildes, Rumbold, & Leening, 1991), os pesquisadores não encontraram relação com as curvas estudadas por Solomon e Cirillo. Os estudos apontaram para o crescimento linear do envolvimento em acidentes com o aumento da velocidade. A Figura 5 mostra uma comparação entre os estudos de Solomon, Cirillo e Fildes et al.

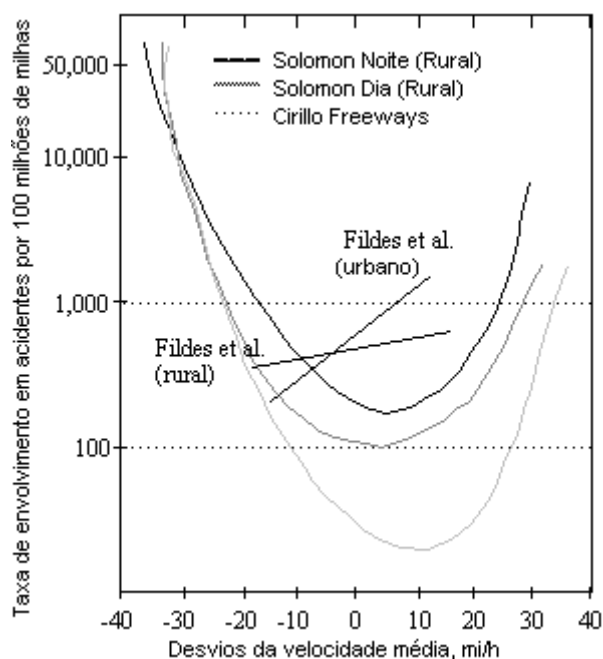


Figura 5 – Taxa de envolvimento em acidentes para desvios da velocidade média (TRB, 1998)

Em 1997, também na Austrália, Kloeden *et al* acharam resultados semelhantes aos encontrados por Fildes *et al*. A diferença encontrada no novo estudo foi a relação não linear para o envolvimento de acidentes e a velocidade para valores acima da média.

É importante ressaltar que os estudos sempre indicaram a dispersão da velocidade, e não as velocidades absolutas, como a principal culpada pelos acidentes viários. Lave (1985) definiu a dispersão da velocidade como a diferença entre a velocidade operacional e a velocidade média. Neste mesmo estudo, o autor sugeriu que o aumento no limite de velocidade reduziria a dispersão da velocidade e reduziria o número de acidentes.

Segundo Hauer (1971), o número de interações entre veículos é uma parábola que tem seu valor mínimo nas velocidades médias, ou seja, os veículos que trafegam nesta velocidade não irão sofrer interferência do tráfego. Isso explica o motivo pela qual a dispersão de velocidade é a grande vilã do envolvimento em acidentes.

2.6.2 Velocidade e severidade dos acidentes

A relação entre velocidade e severidade dos acidentes é muito mais estreita do que a relação entre a velocidade e a probabilidade de acontecimento destes. Quando o acidente acontece, o veículo muda rapidamente de velocidade. O veículo desacelera rapidamente, mas os seus ocupantes continuam se movendo na velocidade que o veículo trafegava antes do impacto (Evans, 1991). Quanto maior a velocidade que os ocupantes precisam absorver no momento do impacto, maior a probabilidade e a severidade do ferimento.

A mudança rápida de velocidade dos veículos durante o acidente, geralmente referenciada como ΔV , é uma medida importante da severidade do acidente. A probabilidade de o acidente causar ferimentos nos ocupantes do veículo cresce não linearmente com a velocidade de impacto. A energia absorvida no impacto é determinada pela velocidade que o veículo estava no momento da colisão. Esta energia, conhecida das leis da física como cinética é determinada pelo quadrado da velocidade do veículo (TRB, 1998).

Solomon (1964) estudou esta relação entre velocidade e severidade dos ferimentos em dados de acidentes. O autor, após analisar 10.000 colisões, concluiu que a severidade do acidente cresce rapidamente em velocidades acima de 96 km/h, e a probabilidade de acidentes fatais cresce fortemente acima de 112 km/h.

O'Day e Flora (1982) analisaram 10.000 colisões de 1977 à 1979 e encontraram que a probabilidade de fatalidade em acidentes viários cresce dramaticamente com o ΔV . Um motorista que colide a uma velocidade de 80 km/h tem o dobro de chance de falecer do que um motorista que colide à 64 km/h. Para velocidades acima de 80 km/h, a probabilidade de fatalidade aumenta em 50%.

Em 1993, Joksch, utilizando dados da NHTSA, encontrou que o risco de morte em acidentes cresce com a quarta potência da mudança de velocidade durante a colisão. O risco de fatalidade aumenta quando a mudança de velocidade no momento do impacto excede 48 km/h. A Figura 6 mostra o resultado obtido pelos estudos de O'Day e Flora (1982) e Joksch (1993).

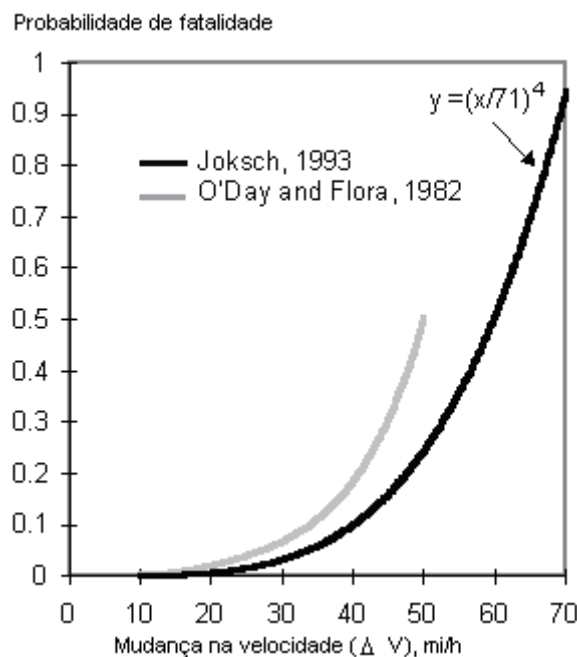


Figura 6 – Efeito da mudança de velocidade durante o impacto no risco de fatalidade (TRB, 1998)

Bowie e Walz (1994), examinando o número de acidentes não fatais de dados mais recentes da NHTSA, encontraram forte relação com as leis da física, ou seja, a relação entre a severidade e o ΔV (diferença entre as velocidades dos veículos envolvidos nos acidentes) foi reforçada. Para o estudo, foram utilizados dois níveis de severidade extraídos do AIS (Abbreviated Injury levels). Os níveis do AIS vão de 1 (ferimento mínimo) até 6 (fatalidade). A Tabela 4 mostra o número de feridos a cada 100 ocupantes divididos em duas classes de nível de ferimento e diferentes ΔV s.

Tabela 4 – Número de feridos/100 ocupantes pela variação da velocidade no momento do impacto

ΔV (km/h)	Ferimento Moderado (AIS 2)	Ferimento Grave (AIS 3)
1 - 16	4,5	1
17 - 32	10,6	2,6
33 - 48	29,2	11,1
49 - 64	53,4	27,9
65 - 80	67,2	40,6
80 >	69,3	54,3

Fonte: TRB (1998)

Todos os estudos mostrados na Tabela 4 encontraram forte relação entre a velocidade e a severidade dos acidentes. As leis da física foram bem representadas na realidade, mostrando a forte relação entre a velocidade de impacto e a energia dissipada no acidente.

2.6.3 Mudança dos limites de velocidade e os acidentes

Para analisar o efeito da mudança dos limites de velocidade nas taxas de acidentes é importante revisar estudos feitos sobre as mudanças nos limites de velocidade ao redor do mundo. Os Estados Unidos tornam-se referência nesta área, pois têm, em sua história recente, muitas mudanças nas velocidades máximas permitidas em suas rodovias.

A regulação dos limites de velocidade nos Estados Unidos, historicamente, é de responsabilidade dos estados individualmente. Com a crise do petróleo, o congresso americano estabeleceu um limite máximo nacional (NMSL) de 88 km/h com o objetivo de economia de combustível.

Em 1987, com a pressão política, o congresso permitiu o aumento da velocidade limite e 33 estados americanos aumentaram seus limites de velocidade de 88 para 104 km/h nas suas rodovias rurais no mesmo ano. Na época, muitos estudos foram realizados para verificar o efeito desta mudança no número de acidentes totais e fatais. (Lave & Elias, 1994)

A maioria dos estudos concluiu que o aumento do limite de velocidade contribuiu para o aumento no número de fatalidades. No entanto, os estudos foram controversos e mostraram resultados bem esparsos. O Quadro 4, extraído de um estudo do TRB, mostra um resumo com os principais trabalhos realizados após a mudança de limite de 1987 e seus resultados nas taxas de fatalidade.

Quadro 4 – Estudos do Limite de 104 km/h e a Segurança das Rodovias nos Estados Unidos

Estudo	Dados	Resultados
NHTSA (1989)	35 Estados com limite de 104 km/h e 10 Estados com limite de 88 km/h. Dados de 1975 – 1987.	Estados de 104 km/h Acréscimo de 19% nas fatalidades Estados de 88 km/h Acréscimo de 7% nas fatalidade
NHTSA (1992)	35 Estados com limite de 104 km/h e 10 Estados com limite de 88 km/h. Dados de 1975 – 1990.	Estados de 104 km/h Acréscimo de 27% nas fatalidades (1986-1990); Estados de 88 km/h Acréscimo de 3% nas fatalidades (1986-1990);
FHWA (1995)	Todos os Estados. Dados de 1993.	Estados de 104 km/h Acréscimo de 2,4% nas fatalidades (1992-1993); Estados de 88 km/h Decréscimo de 4,5% nas fatalidades (1992-1993);
Garber and Graham (1989)	40 Estados Americanos com limite de 104 km/h. Dados mensais de janeiro de 1976 a novembro de 1988.	Acréscimo de 15% nas fatalidades
McKnight et al. (1989)	20 Estados com limite de 104 km/h , 8 Estados com limite de 88 km/h, 6 Estados com limite duplo de velocidade e 6 Estados experimentais Dados mensais de janeiro de 1982 a julho de 1989.	Estados de 104 km/h Acréscimo de 21,8% nas fatalidades; Estados de 88 km/h Acréscimo de 10,4% nas fatalidades;
Baum et al. (1989)	38 Estados com limite de 104 km/h e 8 Estados com limite de 88 km/h. Dados de 1982 – 1987.	Estados de 104 km/h Acréscimo de 15% nas fatalidades relativas a outras rodovias (relação de Probabilidade = 1,15); Estados de 88 km/h Sem efeito na relação de probabilidade.
Baum et al. (1991)	40 Estados com limite de 104 km/h e 8 Estados com limite de 88 km/h. Dados de 1982 – 1989.	Estados de 104 km/h Acréscimo de 29% nas fatalidades relativas a outras rodovias (relação de Probabilidade = 1,29); Estados de 88 km/h Sem efeito na relação de probabilidade.

Quadro 4 – Estudos do Limite de 104 km/h e a Segurança das Rodovias nos Estados Unidos
(Cont.)

Estudo	Dados	Resultados
Chang et al. (1991)	32 Estados Americanos com limite de 104 km/h e 6 Estados com limite de 88 km/h. Dados mensais de janeiro de 1975 a dezembro de 1989.	Sem efeitos para grandes estados. Acréscimo das fatalidades para estados menores. Um pequeno acréscimo em estados com limite de 88 km/h.
Lave (1992)	38 Estados com limite de 104 km/h e 8 Estados com limite de 88 km/h. Dados de 1986, 1988.	No geral, o novo limite fez com que as taxas de fatalidade diminuíssem.
Lave and Elias (1994)	38 Estados com limite de 104 km/h e 8 Estados com limite de 88 km/h. Dados de 1986, 1988 e dados mensais de janeiro de 1976 a dezembro de 1990.	No geral, decréscimo de 3,4% a 5,1% na taxa de fatalidade

Fonte: Adaptada TRB (1998)

Nota-se que os estudos de Lave (1992) e Lave e Elias (1994) foram os únicos estudos que mostraram um decréscimo na taxa de acidentes após o aumento do limite de velocidade. Os autores argumentam que os estudos anteriores foram focados apenas no número de fatalidades, antes e depois do aumento do limite de velocidade. O número usualmente aumentava já que o volume de tráfego também havia aumentado, mas os estudos deveriam olhar para as taxas, como por exemplo, as fatalidades por milha viajada. Além disto, todos os estudos olharam apenas para os efeitos locais, não consideraram a rede por completo.

Em dezembro de 1995, o estabelecimento dos limites máximos de velocidade passou a ser de total responsabilidade dos estados americanos. Com esta nova mudança, rapidamente os limites de velocidade das rodovias rurais aumentaram para 112 – 120 km/h (Farmer et al., 1999). Nesta época, 44 estados americanos aumentaram seu limite de velocidade. Hoje em dia, o Hawaii é o único estado americano que permanece com limite de velocidade de 88 km/h (Grabowski, 2006).

Farmer et al. (1999) estudaram os efeitos do aumento do limite de velocidade em 24 estados americanos. Segundo o estudo, as fatalidades nas rodovias interestaduais aumentaram em 15%.

Vernon et al. (2004) estudou os efeitos do aumento no limite de velocidade na ocorrência de acidentes no estado de Utah. Os resultados foram os seguintes:

- Nos segmentos urbanos de rodovias interestaduais (com velocidade limite de 96 – 104 km/h), existiu um aumento na ocorrência de acidentes, mas não existiu aumento significativo no número de acidentes com feridos e mortos.
- Nos segmentos rurais de rodovias interestaduais (com velocidade limite de 112 – 120 km/h) não existiu aumento significativo em nenhuma categoria de acidentes.
- Em rodovias de alta velocidade não interestaduais (com velocidade limite de 96 -104 km/h), existiu um aumento no número de fatalidades, mas não existiu mudança na taxa total de acidentes e na taxa de acidentes com feridos.

Além dos estudos americanos, outros estudos foram realizados em muitos países que mudaram seus limites de velocidade. O Quadro 5 mostra os principais estudos realizados após a redução do limite de velocidade em outros países. A quase totalidade dos estudos mostrou que a redução nos limites de velocidade trouxe um decréscimo no número de acidentes. Porém, Newstead e Mullan's (1996) estudando os efeitos da redução do limite de velocidade em 2500 km de rodovias na Austrália, considerando os resultados do sistema como um todo, não encontraram efeito significativo.

Quadro 5 – Estudos dos efeitos da redução do limite de velocidade em outros países

Estudo	Dados	Resultados
Nilsson (1990)	Suécia – Redução do limite de velocidade de 110 km/h para 90 km/h	Decréscimo de 21% nas fatalidades
Engel (1990)	Dinamarca – Redução do limite de velocidade de 60 km/h para 50 km/h	Decréscimo de 24% nas fatalidades e de 9% nos acidentes com feridos
Peltola (1992)	Inglaterra - Redução do limite de velocidade de 100 km/h para 80 km/h	Decréscimo de 14% no número de acidentes
Sliogeris (1992)	Austrália - Redução do limite de velocidade de 110 km/h para 100 km/h	Decréscimo de 19% no número de acidentes com feridos
Finch et al. (1994)	Suíça - Redução do limite de velocidade de 130 km/h para 120 km/h	Decréscimo de 12% nas fatalidades

Quadro 5 – Estudos dos efeitos da redução do limite de velocidade em outros países (**Cont.**)

Estudo	Dados	Resultados
Scharping (1994)	Alemanha - Redução do limite de velocidade de 60 km/h para 50 km/h	Decréscimo de 20% no número de acidentes
Newstead e Mullan (1996)	Austrália - Redução de 5 – 20 km/h no limite de velocidade	Sem mudanças significativas

Fonte: Adaptada TRB (1998)

2.6.4 Mudança dos limites de velocidade e a sua consequência nas velocidades operacional e média e na distribuição de velocidades

Engenheiros de tráfego defendem que a maioria dos motoristas não presta atenção nos limites de velocidade, e dirigem a uma velocidade julgam ser segurança (Pline , 1992). Se isso é verdade, então o aumento da velocidade limite não afetaria a velocidade da maioria das pessoas, e faria apenas com que os poucos motoristas que observam os limites de velocidade reduzissem para velocidades próximas as dos demais, assim reduzindo a variação da velocidade.

Outra visão existente é que a variação da velocidade é um componente importante na segurança viária. Uma menor variação de velocidade gera um menor número de acidentes viários (Warren, 1982).

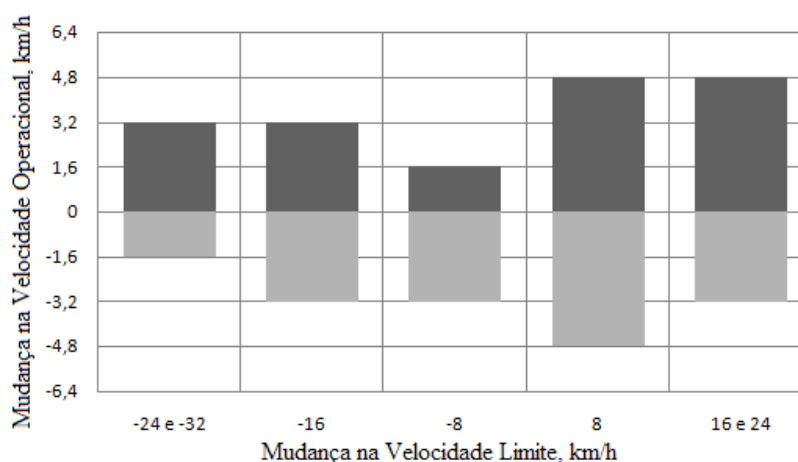
Pensando nos conceitos apresentados acima, alguns estudos foram realizados para dimensionar o efeito da mudança dos limites de velocidade na velocidade média, na velocidade operacional e na distribuição da velocidade. Mesmo tendo uma forte relação, a maior dificuldade encontrada nos estudos é separar estatisticamente os efeitos do limite de velocidade dos efeitos de outros fatores que influenciam a velocidade (TRB, 1998).

Parker (1997) encontrou pequenas evidências da relação entre as velocidades limites e a distribuição das velocidades. As principais descobertas do estudo foram as seguintes:

- Existe, geralmente, diferença de menos de 3 km/h entre a velocidade média, desvio padrão da velocidade, velocidade operacional entre o antes e depois da mudança de limites. As mudanças foram consideradas significantes, mas não suficientemente significantes para prática.

- Foi encontrada pouca evidência do efeito causado pela mudança do limite de velocidade de rodovias vizinhas.

Em resumo, o estudo de Parker encontrou que a mudança no limite de velocidade não afeta a distribuição de velocidade, mas afeta as velocidades operacionais, como está apresentado na Figura 7. Assim sendo, concluiu que a mudança de limite de velocidade tem pouco efeito sobre a segurança na rodovia.



Fonte: Parker (1997)

Figura 7 – Efeito da alteração dos limites de velocidade

Farmer et al. (1999) estudando os efeitos nas fatalidades após a mudança do limite de velocidade nacional nos Estados Unidos, encontrou um aumento de 3,2 ou 4,8 km/h nas velocidades média e operacional durante os três meses de estudo. Porém, a porcentagem de veículos excedendo os 112 km/h aumentou de 29 para 40% em Riverside e de 15 para 33% em Houston.

Spilz (1984) encontrou que a velocidade operacional aumentou menos que 0,6 km/h em 40 zonas onde o limite de velocidade foi aumentado na Califórnia. Este valor foi menor do que o aumento de 1,1 km/h observado em zonas que não mudaram de limite de velocidade. Para 10 zonas onde o limite de velocidade foi reduzido, a velocidade operacional aumentou em 1,8 km/h.

As mudanças de velocidade durante o aumento do limite de 88 km/h para 104 km/h que ocorreu nos Estados Unidos foram estudadas por vários autores e estão citadas na Tabela 5. As mudanças nas velocidades médias foram de 1,6 km/h até 6,6 km/h.

Tabela 5 – Aumento das velocidades observadas após o aumento do limite de velocidade de 88 para 104 km/h

Estudo	Δ km/h
Brown et al. (1990)	3,9
Freedman e Esterlitz (1990)	4,5
Mace e Heckard (1991)	5,6
Pfefer, Stenzel e Lee (1991)	6 – 8
Parker (1997)	0,3 – 3,7

Finch *et al.* (1994) analisou as mudanças nos limites de velocidade relatados em um número de estudos internacionais e encontrou que a mudança na velocidade média é aproximadamente um quarto da mudança no limite de velocidade. Em estudo no Canadá, Knowles *et al.* (1997) encontrou resultados similares.

2.7 Considerações finais

Estudos atuais mostram diversos modelos de estabelecimento de limites de velocidade a partir de dados geométricos e operacionais das rodovias. Foram encontrados também estudos nacionais sobre o tema.

O presente trabalho propõe-se a desenvolver um método de estabelecimento de limites de velocidade para rodovias do Rio Grande do Sul, a partir de velocidades operacionais. As velocidades operacionais são extraídas de estudos realizados por Garcia (2008) e o modelo de estabelecimento de limites de velocidade é adaptado do método de Tsu (2003).

No próximo capítulo, será relatado, em profundidade, a elaboração de um novo método de estabelecimento de limites de velocidade a partir de modelos de previsão de velocidades existente e adaptação de métodos nacionais sobre limites de velocidade.

3. MÉTODO PROPOSTO PARA ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE VELOCIDADE

3.1 Introdução

O presente capítulo abordará o desenvolvimento de um método de estabelecimento de limites de velocidade para rodovias do Rio Grande do Sul. O método é uma modificação do modelo proposto por Tsu (2003), com a alteração dos dados de entrada, que são substituídos pelos dados de velocidade operacional oriundos do método de previsão de velocidade de Garcia (2008).

3.2 Limite de velocidade

O limite de velocidade de uma rodovia é a maior velocidade na qual os veículos trafegam com segurança. A Figura 8 apresenta um fluxograma que representa o modelo proposto para determinação de limites de velocidade. O fluxograma sintetiza o modelo, que inicia pela inclusão dos dados referentes às características geométricas da rodovia e os referentes às características operacionais e é finalizado pela sinalização adequada da rodovia.

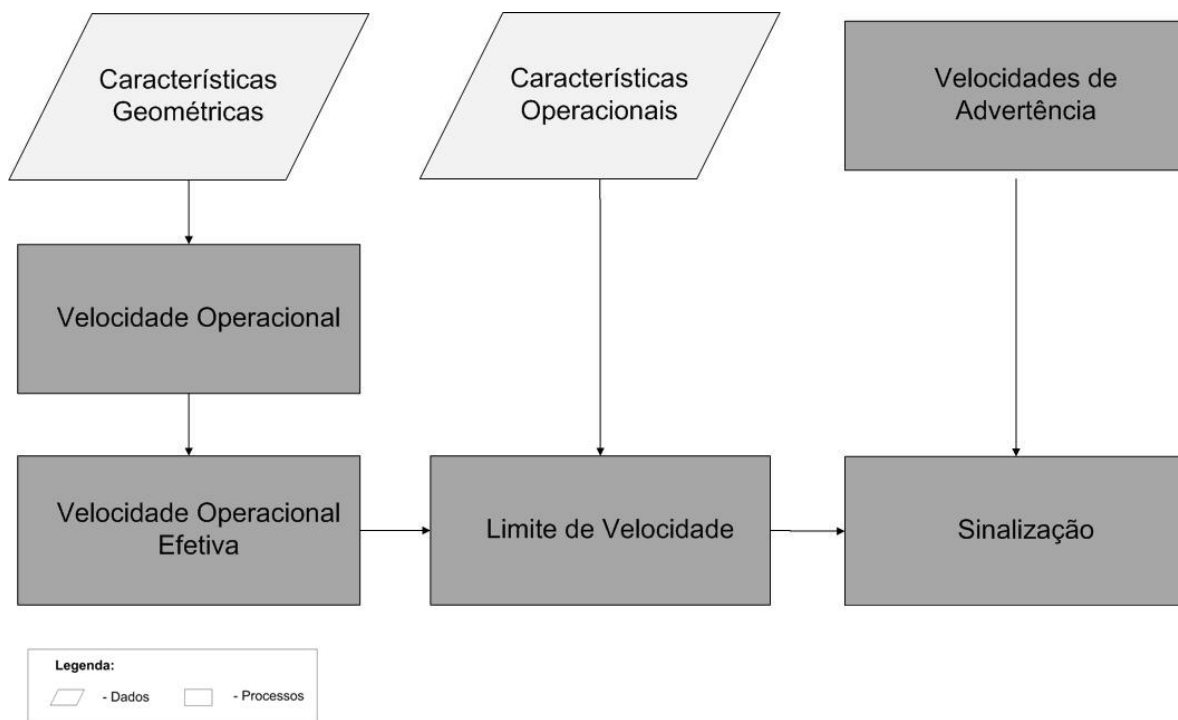


Figura 8 - Fluxograma do modelo de estabelecimento de limites de velocidade

As características geométricas das rodovias são os dados iniciais para a determinação das velocidades operacionais. Estas velocidades norteiam todo o método de obtenção da velocidade limite a ser sugerida. Os dados referentes às características geométricas são: raio da curva, lado da curva, declividade longitudinal, assim como se o desenvolvimento da curva se dá em acive, declive ou nível.

Por outro lado, as características operacionais das vias servem para uma análise dos aspectos de mobilidade e acessibilidade. Conforme a Figura 9, os níveis de mobilidade e acessibilidade diferem para as diferentes classes funcionais das rodovias. O sistema arterial prioriza a mobilidade, enquanto que os sistemas coletor e local priorizam a acessibilidade.

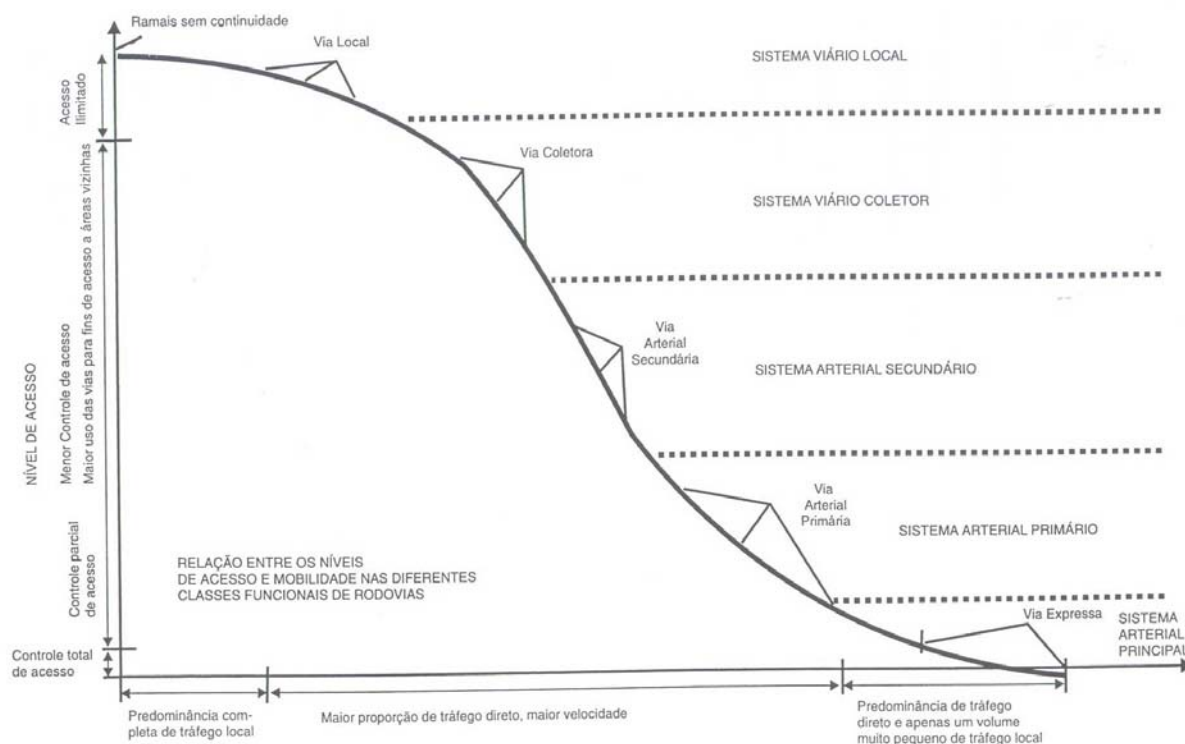


Figura 9 - Nível de mobilidade e acessibilidade (DNER, 1999)

A Tabela 6 apresenta uma equiparação entre a classe funcional e a classe de projeto da rodovia. Assim, pode-se criar uma relação entre a classe de projeto da rodovia e seus níveis de mobilidade e acessibilidade.

Tabela 6 - Relação geral entre classe funcional e classe de projeto

Sistema	Classe funcional	Classes de projeto
Arterial	Principal	Classe 0 e I
	Primário	Classe I
	Secundário	Classes I e II
Coletor	Primário	Classes II e III
	Secundário	Classes III e IV
Local	Local	Classes III e IV

Fonte: DNER (1999)

Portanto, a partir dos dados extraídos da Figura 9 e da Tabela 6 construiu-se a Tabela 7 que define o grau de mobilidade e acessibilidade para as diferentes classes de projeto de rodovias de pista simples.

Tabela 7 - Mobilidade e acessibilidade conforme classe de projeto

Classe de projeto	
Classes 0, I e II	Mobilidade
Classe III e IV	Acessibilidade

3.2.1 Cálculo das Velocidades Operacional e Operacional Efetiva

Com os dados provenientes das características geométricas da rodovia, podem-se construir modelos de previsão de velocidade operacional. Estes modelos possibilitam a obtenção do comportamento dos motoristas frente as diferentes características da via.

A velocidade operacional é considerada uma boa velocidade para estabelecimento de limites de velocidade seguros (Warren 1982; Pline *et al.*, 1992). Estudos de tráfego apontam que veículos de passeio trafegando na velocidade operacional têm a menor taxa de envolvimento em acidentes, indicando que esta é a melhor velocidade para se trafegar (Warren, 1982).

O modelo de previsão de velocidade operacional utilizado no método de estabelecimento de limites de velocidade em rodovias, Equação 3, foi desenvolvido por Garcia (2008) em pesquisas realizadas em rodovias do Estado do Rio Grande do Sul.

$$V_{85} = 93,1545 - \frac{1666,1716}{R} - 1,1872 \times L - 0,4654 \times |I| - 1,3426 \times A \quad (3)$$

Onde:

V_{85} = velocidade operacional [km/h]

R = raio da curva [m]

L = dummy lado [1 - esquerda, 0 - direita]

I = declividade longitudinal [%]

A = dummy aclave [1 - aclave, 0 - declive ou nível]

A equação tem como resultado a velocidade operacional potencial, assim chamada, pois não é afetada por fatores limitantes decorrentes da geometria do segmento prévio e subsequente ao analisado. Garcia (2008), para esclarecer melhor estes efeitos, exemplifica: “um veículo poderia estar trafegando a 85 km/h em uma curva de raio equivalente a 204,00

metros, com rampa em nível. Contudo, se este mesmo veículo, para ingressar nesta curva, recém tiver saído de uma curva mais fechada (raio = 50,00 metros, por exemplo) estará trafegando a uma velocidade inferior e sem condições de atingir esta velocidade potencial, sugerida para a curva.”

Para a obtenção de uma velocidade operacional mais próxima da realidade, nomeada por Garcia (2008) como velocidade operacional efetiva, é necessário o acréscimo de taxas de aceleração e desaceleração em função dos elementos geométricos adjacentes.

A Figura 10 apresenta gráfico com o comportamento da V_{85} potencial e da V_{85} efetiva, ao longo de 1,5 quilômetros. A interferência das características geométricas pode ser notada no km 0,3, onde a velocidade potencial atinge um valor próximo a 92 km/h, enquanto que a velocidade efetiva, devido à baixa velocidade do segmento anterior, é inferior a 90 km/h.

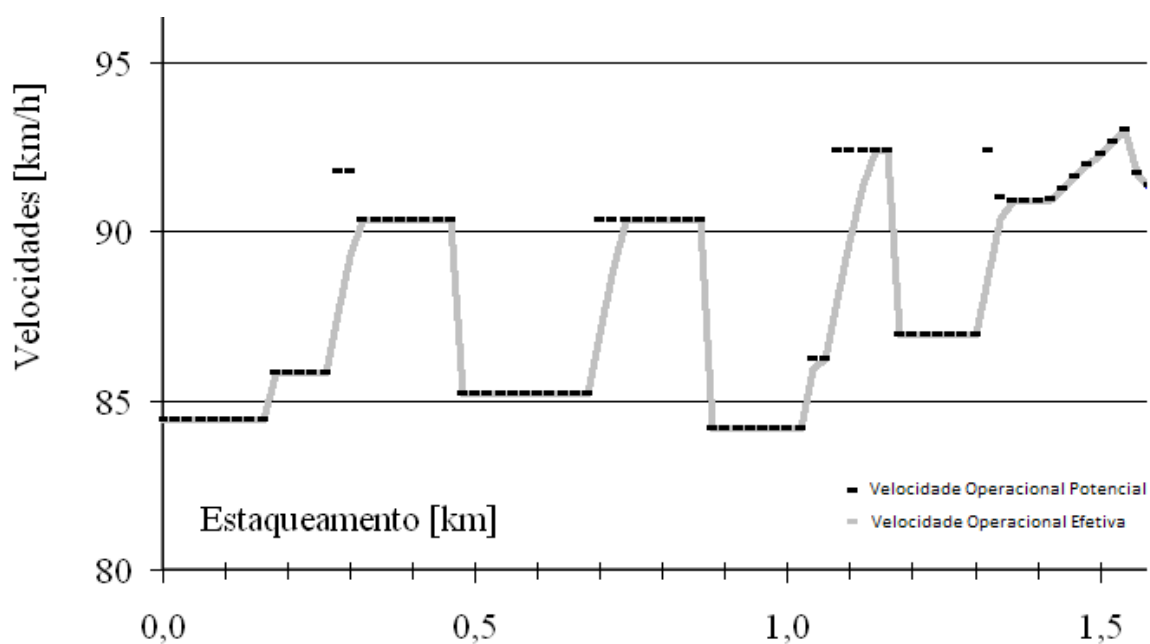


Figura 10 – V_{85} potencial x V_{85} efetiva (Garcia, 2008)

Garcia (2008), utilizando faixas de velocidade inicial e final extraídas de estudos do ITE (1992), considerou diferentes taxas típicas de aceleração e desaceleração. Três faixas características de velocidades e acelerações foram criadas e estão representadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Taxas de aceleração segundo intervalos de velocidade

Velocidade [km/h]		Distância [m]	Aceleração [m/s ²]
Inicial	Final		
50	65	67,06	0,99
65	80	106,68	0,78
80	95	170,69	0,59

Fonte: Garcia (2008)

Utilizando o mesmo método, três faixas características de velocidade e desacelerações foram criadas e estão representadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Taxas de desaceleração segundo intervalos de velocidade

Velocidade [km/h]		Distância [m]	Desaceleração [m/s ²]
Inicial	Final		
65	50	35,10	1,90
80	65	39,60	2,12
95	80	42,70	2,37

Fonte: Garcia (2008)

Os valores apresentados anteriormente referem-se a taxas de aceleração e desaceleração para veículos de passeio em segmentos viários com declividade longitudinal nula (em nível). Para aceleração em aclives, a Tabela 10 apresenta boas aproximações de valores de aceleração. Vale ressaltar que não foram consideradas por Garcia (2008) as mudanças nas taxas de aceleração em declives e os efeitos das rampas na desaceleração.

Tabela 10 - Valores percentuais das taxas de aceleração máxima, segundo a rampa

Velocidade [km/h]		Rampa				
Inicial	Final	2%	4%	6%	8%	10%
50	65	90%	78%	67%	56%	45%
65	80	88%	75%	63%	51%	38%
80	95	87%	71%	58%	43%	29%

Fonte: Garcia (2008)

As velocidades operacionais potenciais e efetivas são calculadas para os dois sentidos da via, pois a seqüência dos segmentos interfere nos resultados destas velocidades. Os dados são gerados em tabelas do MS Excel e apresentados de 20 em 20 metros, conforme o estacionamento.

Para melhor visualização dos resultados, as velocidades operacionais potenciais e efetivas são convertidas em gráficos do MS Excel. A Figura 11 mostra as velocidades operacionais potenciais e efetivas de um trecho de rodovia. Cada linha do gráfico representa um sentido percorrido pelo fluxo.

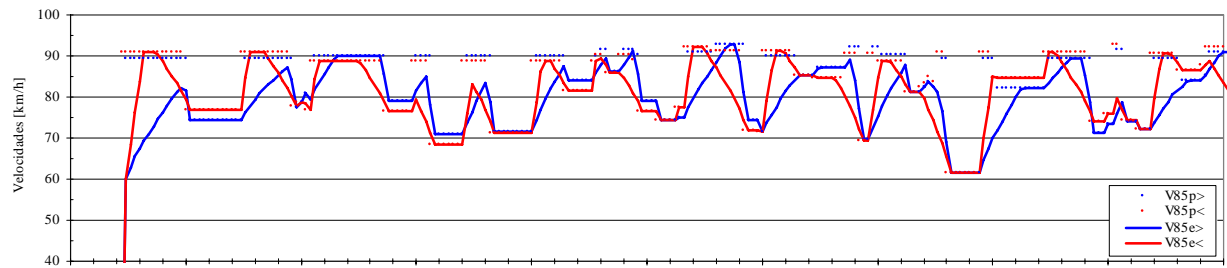


Figura 11 - Gráfico de velocidades operacionais (Garcia, 2008)

3.2.2 Cálculo do limite de velocidade

O limite de velocidade é aquele que é derivado da velocidade operacional da via e não considera os aspectos pontuais, tais como, trechos escolares, curvas de raio planimétrico com pequeno valor, entre outros.

O método proposto para o cálculo do limite de velocidade de um trecho rodoviário foi desenvolvido com base no método de Tsu (2003). O algoritmo representado na Figura 12 apresenta a seqüência de etapas que devem ser seguidas para a obtenção de uma velocidade limite básica ajustada para um determinado trecho de rodovias.

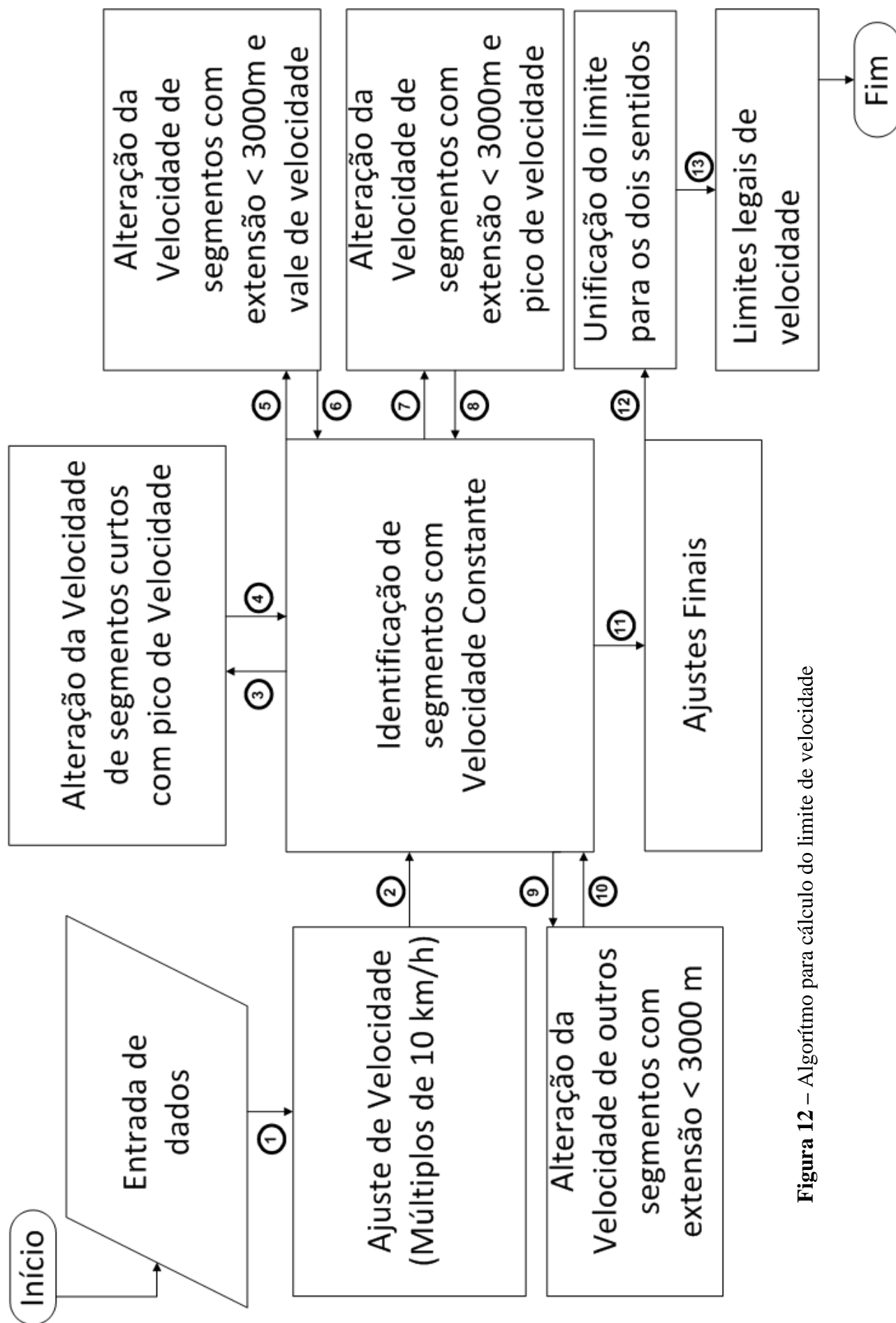


Figura 12 – Algoritmo para cálculo do limite de velocidade

A velocidade operacional efetiva, oriunda do método de Garcia (2008) e a classe das rodovias são os dados de entrada requeridos para o início do algoritmo. As demais etapas são explicadas detalhadamente a seguir.

Para facilitar o processo, o algoritmo foi adaptado para planilhas do MS Excel. Cada etapa é calculada com a utilização de uma planilha separada. A seqüência das etapas leva ao resultado final, que é o limite de velocidade.

A primeira planilha ajusta os dados de velocidade operacional efetivas para velocidades múltiplas de 10 km/h. Os dados de velocidade operacionais efetivas são gerados pelo método de Garcia (2008) em valores não inteiros. Estes valores são transformados em múltiplos de 10 km/h, pois a sinalização de regulamentação não utiliza valores fracionados para facilitar a compreensão dos condutores.

Neste momento, a classe da rodovia define o critério de arredondamento a ser utilizado. A Tabela 11 mostra os dois diferentes critérios associados às quatro classes distintas de rodovias rurais de pista simples.

Tabela 11 - Critérios de arredondamento

Classe de projeto	ΔV
Classes IB e II	5 km/h
Classe III e IV	7,5 km/h

Nas rodovias de classe IB e classe II, busca-se priorizar a mobilidade. Desta forma, adota-se um ΔV de 5 km/h para o arredondamento do limite de velocidade. Este ΔV representa o diferencial entre o patamar identificado e o patamar múltiplo de 10 km/h imediatamente inferior. Por exemplo, se a velocidade de um determinado trecho for de 75 km/h, o seu limite de velocidade será de 80 km/h. Já se a velocidade do trecho for de 74 km/h, o limite de velocidade passa a ser de 70 km/h.

Nas rodovias de classe III e classe IV, busca-se priorizar a acessibilidade. Desta forma, adota-se um Δ de 7,5 km/h para o arredondamento do limite de velocidade. Por exemplo, se a velocidade de um determinado trecho for de 78 km/h, o seu limite de velocidade será de 80 km/h. Já se a velocidade do trecho for de 77 km/h, o limite de velocidade passa a ser de 70 km/h.

Com os valores de ΔV adotados acima, pode-se notar que as rodovias que priorizam a acessibilidade têm um fator de segurança maior, assim seus limites de velocidade serão menores que as rodovias que priorizam a mobilidade.

A Tabela 12 apresenta um exemplo referente ao cálculo de velocidades múltiplas de 10 km/h. As velocidades operacionais efetivas são arredondadas, segundo o critério de arredondamento, para velocidades múltiplas de 10 km/h.

Tabela 12 - Cálculo de velocidades múltiplas de 10 km/h

Velocidade Operacional (ida) (km/h)	Velocidade Operacional (volta) (km/h)	Classe	Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)
68,5	67,8	IB	70	70
69	68,4	IB	70	70
70,5	70,5	IB	70	70
71,4	72,1	IB	70	70
73,7	75	IB	70	80

Após os arredondamentos, muitos segmentos que antes da etapa tinham velocidades diferentes passam a ter a mesma velocidade. Portanto, passa-se para a etapa de identificação de segmentos com velocidade constante, que agrupa todas as extensões com mesma velocidade. A Tabela 13 mostra os limites de velocidade antes e após o agrupamento.

Tabela 13 – Agrupamento de segmentos com velocidade constante (para um sentido)

Valores Iniciais		Valores após agrupamento dos segmentos	
Limite de velocidade (km/h)	Extensão (m)	Limite de velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	1000	60	1000
80	300	80	6000
80	5000	-	-
80	400	-	-
70	300	-	-
70	400	70	700

Seguindo a seqüência do algoritmo, desconsideram-se as velocidades dos segmentos com extensão inferior a 500 m que apresentam picos de velocidade. Adota-se como velocidade limite do trecho a maior dentre as correspondentes aos segmentos adjacentes. Entende-se por pico de velocidade, a velocidade do trecho que tem velocidade superior aos trechos adjacentes.

A Tabela 14 apresenta o exemplo para de modificação da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão inferior a 500m. O trecho com velocidade de 80 km/h passa a ter a maior velocidade dentre os trechos adjacentes, ou seja, 70 km/h.

Tabela 14 - Alteração de picos de velocidade para segmentos curtos

Valores Iniciais		Valores após ajustes da velocidade	
Limite de velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	1000	60	1000
80	300	70	300
70	400	70	400

Após a alteração de picos de velocidade, a etapa de agrupamento de trechos com velocidade constante é realizada novamente. A alteração de picos de velocidade para segmentos curtos é um processo iterativo, até que todos os segmentos com picos de velocidade e extensão menor que 500 m sejam alterados.

Com o objetivo de não segmentar muito os trechos analisados, o algoritmo define como extensão mínima 3000 m para cada alteração de velocidade. Os trechos com extensão menor que a mínima têm sua velocidade modificada, conforme a seguinte ordem:

- ✓ Segmentos com vale de velocidade – Pequenos trechos com velocidade inferior as determinadas para os trechos adjacentes.
- ✓ Segmentos com pico de velocidade – Pequenos trechos com velocidade superior as determinadas para os trechos adjacentes.
- ✓ Outros segmentos – Segmentos com extensão inferior a 3000 m.

Nos segmentos com vale de velocidade, o trecho assume a menor velocidade dentre as velocidades correspondentes aos segmentos imediatamente anterior e posterior. A Tabela 15 apresenta um exemplo da alteração de velocidade de segmentos com vale de velocidade.

Tabela 15 - Alteração de velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Valores Iniciais		Valores após ajustes da velocidade	
Limite de velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
80	1000	80	1000
60	300	70	300
70	400	70	400

O trecho com velocidade de 60 km/h assume o menor valor de velocidade dentre os trechos adjacentes, ou seja, 70 km/h. A etapa de agrupamento dos segmentos de mesma velocidade é realizada novamente. A etapa de alteração de velocidade em segmentos com vale de velocidade é realizada continuamente até que todos os vales de velocidade sejam alterados.

A Tabela 16 apresenta um exemplo da alteração da velocidade de trechos com pico de velocidade e extensão inferior a 3000m. O exemplo é similar ao relatado na Tabela 14, só que neste caso os trechos têm extensão menor que 3000 m e não mais 500 m.

Tabela 16 - Alteração de velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000m

Valores Iniciais		Valores após ajustes da velocidade	
Limite de velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	1000	60	1000
80	800	70	800
70	4000	70	4000

Da mesma forma que se procedeu anteriormente, o agrupamento de segmentos com mesma velocidade é realizado. O processo de alteração de velocidade de segmentos com pico de velocidade é executado até que todos os picos de velocidade sejam modificados.

Após a alteração das velocidades dos segmentos com pico e vale de velocidade, todos os outros trechos com extensão menor que 3000 m têm suas velocidades alteradas. Adota-se para estes trechos a menor velocidade dentre as velocidades correspondentes aos segmentos imediatamente anterior e posterior. A Tabela 17 apresenta o exemplo de alteração das velocidades em outros segmentos com extensão menor que 3000m.

Tabela 17 - Alteração de velocidades de segmentos com extensão menor que 3000m

Valores Iniciais		Valores após ajustes da velocidade	
Limite de velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	3500	70	3500
80	800	70	800
90	4000	90	4000

O trecho com velocidade de 80 km/h passa a ter a menor velocidade dentre os trechos adjacentes, ou seja, 70 km/h. O processo é repetido até que todos os trechos com extensão menor que 3000 m sejam alterados.

Segundo o Manual de Sinalização de Trânsito (Denatran,1992) a redução de velocidades deve ser feita em intervalos múltiplos de 10 km/h obedecendo a uma distância mínima de 75 metros. Como a prática de projetos rodoviários trabalha com estacas defasadas em 20 m, para fins de aplicação, adota-se uma distância múltipla de 20, ou seja, 80 m para cada 10 km/h de redução.

Para os decréscimos de velocidade maiores que 10 km/h, insere-se um trecho com velocidade intermediária. O trecho deve ser inserido imediatamente antes do trecho de menor velocidade, ocupando a extensão do trecho de maior velocidade. A Tabela 18 apresenta um exemplo para melhor compreensão.

Tabela 18 – Ajustes de redução da velocidade

Valores Iniciais		Valores após ajustes da velocidade	
Limite de velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	1000	60	1000
80	4000	80	3920
		70	80
60	4500	60	4500

Como pode ser visto na Tabela 18, para que a velocidade não tenha uma redução de 20 km/h, de 80 km/h para 60 km/h, um trecho de 80 m com velocidade intermediária é inserido dentro da extensão do trecho de maior velocidade.

Como o método de cálculo para a velocidade operacional efetiva apresenta valores diferentes para os dois sentidos de tráfego e as velocidades limites são sugeridas em função destas, os valores das velocidades limites também são diferentes para cada sentido, por este motivo temos limites de velocidade de ida e limites de velocidade de volta. Para não causar confusão entre os condutores, adota-se o menor limite de velocidade entre os dois sentidos de tráfego.

O resultado final desta seqüência de etapas é um gráfico que apresenta a velocidade operacional efetiva para cada sentido e o limite de velocidade único para os dois sentidos de tráfego.

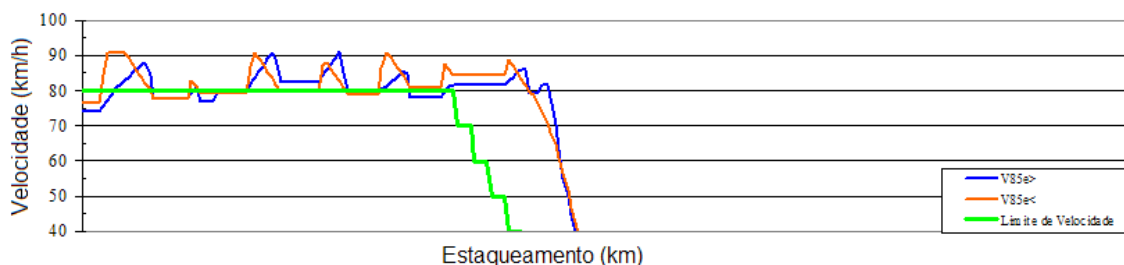


Figura 13 – Gráfico de velocidades operacionais e limite legal de velocidade básico ajustado

3.3 Velocidades de advertência

O limite de velocidade básica resultante das etapas anteriores não considera aspectos pontuais da rodovia analisada. Para garantir a segurança do usuário, algumas velocidades de advertência são estabelecidas em curvas do alinhamento horizontal.

3.3.1 Curvas do alinhamento horizontal

Para garantir a segurança em curvas com velocidades operacionais menores que os limites de velocidade sugeridos, velocidades de advertência são utilizadas. Como visto no Capítulo 2 (2.2.5), as velocidades de advertência são utilizadas para sinalizar pontos onde a velocidade confortável é menor que a velocidade limite.

Warren (1998) analisou os diferentes critérios para cálculo de velocidades de advertência em curvas. Apesar das importantes inovações em pneus e nas características de dirigibilidade dos veículos, os critérios para estabelecer velocidades de advertência permaneceram os mesmos por mais de 50 anos. Portanto, seu estudo concluiu que estes critérios utilizados nos dias de hoje não são válidos para veículos modernos.

Em um relatório recente do programa de pesquisa da cooperativa de rodovias americanas (Bonneson, 2000), apresentou que as velocidades operacionais são boas aproximações da velocidade de projeto em curvas, portanto boas aproximações para as velocidades de advertência.

Para definição das velocidades de advertência no método proposto, as velocidades operacionais provenientes do método de Garcia (2008), após passarem pelo processo de arredondamento, serão utilizadas.

Sempre que a velocidade operacional da curva for inferior ao limite de velocidade sugerido para o local, velocidades de advertência iguais as velocidades operacionais serão sinalizadas. As velocidades operacionais das curvas são extraídas dos dados de velocidades operacionais múltiplas de 10 km/h e comparadas com aos limites de velocidade. Quando a velocidade operacional é superior ao limite de velocidade, velocidades de advertência não são estabelecidas.

3.4 Sinalização

Após a execução de todas as etapas para cálculo dos limites de velocidade e cálculo das velocidades de advertência, a sinalização deve ser executada. A sinalização é a junção dos limites de velocidade e das velocidades de advertência.

3.5 Conclusão

O método de estabelecimento de limites de velocidade foi desenvolvido baseando-se em dados de velocidades operacionais oriundas de Garcia (2008) e seguindo diretrizes do método de Tsu(2003).

O cálculo de velocidades de advertência foi criado para garantir a segurança nas curvas do alinhamento horizontal. As velocidades de advertência nada mais são do que as velocidades operacionais, já múltiplas de 10 km/h, das curvas onde a velocidade limite é maior do que as próprias velocidades operacionais.

Finalizando o método, tem-se a sinalização do trecho estudado, que é o limite de velocidade do trecho mais as velocidades de advertência nas curvas do alinhamento horizontal.

4. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO EM TRECHOS RODOVIÁRIOS: RESULTADOS E ANÁLISE.

4.1 Seleção dos trechos para realização do estudo

Para o estudo de caso foram selecionados seis trechos de rodovias do Estado do Rio Grande do Sul. Os trechos foram extraídos de uma lista de 14, todos pertencentes ao Sistema Rodoviário Estadual (SRE). Estes 14 trechos foram pré-selecionados, pois possuíam todos os dados necessários para a aplicação do método. O primeiro critério adotado para seleção dos trechos foi a exclusão daqueles com extensão menor que 10 km. Da primeira seleção, restaram apenas 12 trechos.

Para o estudo, foram selecionados trechos de regiões e classes de projeto diferentes. Quando um trecho possuía a mesma região e classe de outro, o trecho com maior extensão era selecionado. Assim, buscou-se enquadrar o maior número de rodovias com diferentes características de projetos para uma análise mais abrangente. A Tabela 19 contém os 6 trechos resultantes da seleção.

Tabela 19 – Trechos utilizados para o estudo

CÓDIGO	DADOS DE PROJETO			VDMA	MARCO km		Extensão (km)
	Relevo	Classe	Vd (km/h)		Inicial	Final	
116BRS3110	M	3	40	1329	152,21	172,26	20,05
116BRS3080	M	2	50	2538	115,24	142,42	27,18
386BRS0240	M	1	60	4406	281,82	314,1	32,28
030ERS0090	O	3	60	3247	23,42	50,3	26,88
130ERS0110	O	1	80	4130	78,54	97,27	18,73
040ERS0050	P	1	100	7261	11,24	47,08	35,84

4.2 Resultados do trecho 116BRS3110

O trecho 116BRS3110, pertencente ao sistema rodoviário estadual, fica entre o final da pista dupla da br 116 e a entrada de Vila Cristina, distrito de Caxias do Sul. O mapa representado na Figura 14 apresenta a região do trecho em estudo.



Figura 14 – Mapa rodoviário do trecho em estudo

Os dados de velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110, que foram extraídos de Garcia (2008), foram transformados em velocidades múltiplas de 10 km/h e agrupados em trechos com mesma velocidade. Assim, a Tabela 33 em anexo, apresenta velocidades operacionais de mesmo valor acompanhadas de sua extensão em km para cada sentido de tráfego.

Seguindo o método, procede-se a alteração das velocidades de segmentos com picos de velocidade em trechos com extensão menor que 500m. Ou seja, quando a velocidade de um trecho com extensão menor que 500 m é maior que as velocidades dos trechos adjacentes, esta assume o valor da maior velocidade destes trechos. A Tabela 20 mostra as velocidades operacionais do Trecho 116BRS3110 após esta etapa.

Tabela 20 - Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	1400	70	760
60	340	80	500
70	140	70	140
80	1000	60	340
70	40	70	120
60	80	80	1000
70	1760	70	80
60	20	60	60
50	120	70	1600
60	100	60	200
70	1100	50	120
60	240	60	100
70	80	70	1080
80	2100	60	80
70	40	70	200
60	920	80	2100
50	40	70	80
40	40	60	940
50	40	50	40
60	40	40	40
70	180	50	20
80	560	60	20
70	20	70	760
60	20	60	60
50	40	50	40
60	300	60	300
70	620	70	600
80	600	80	580
70	120	70	160
60	180	60	180
70	620	70	600
60	400	60	420
50	40	50	40
40	40	40	40
30	20	30	20
40	20	40	20
50	20	50	100
60	480	60	400
70	180	70	860
80	680	60	40
70	40	50	40
60	20	40	20
50	80	50	20
60	80	60	100
70	60	70	20

Tabela 20 – Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade (cont.)

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
80	940	80	980
70	1120	70	1120
60	40	60	40
70	940	70	20
60	40	80	500
70	80	70	200
80	640	60	260
70	100	70	40
80	100	80	560
90	720	70	220
80	20	80	20
70	40	90	660
60	20	80	100
		70	60
		60	60

Como visto no capítulo anterior, a próxima etapa tem como objetivo não segmentar demasiadamente os trechos das rodovias analisadas. Por este motivo, a extensão mínima adotada foi de 3000 m. Então, todos os trechos com extensão menor que 3000 m terão suas velocidades modificadas.

Primeiro, os trechos com vales de velocidade e extensão menor que 3000 m têm suas velocidades substituídas pela menor velocidade dos trechos adjacentes. A Tabela 21 apresenta os dados de velocidade resultantes do trecho 116BRS3110.

Tabela 21 – Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	1880	70	760
80	1000	80	2100
70	3540	70	3520
80	12640	80	5580
90	720	70	3080
80	20	80	3960
70	40	90	660
60	20	80	100
		70	60
		60	60

Na sequência, os picos de velocidade com extensão menor que 3000 m são modificados, sendo suas velocidades substituídas pela maior velocidade dentre os trechos adjacentes. A Tabela 22 relaciona as novas velocidades e suas extensões.

Tabela 22 – Velocidades do trecho 116BRS3110 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	6420	70	6380
80	13380	80	5580
70	40	70	3080
60	20	80	4720
		70	60
		60	60

Concluindo a etapa de não segmentação do trecho em análise, todas as velocidades com extensão menor que 3000 m foram alteradas. A velocidade adotada para estes trechos foi a menor dentre as velocidades correspondentes aos segmentos imediatamente anterior e posterior. Por ser a última etapa antes dos ajustes finos, as velocidades resultantes já são consideradas os limites básicos para cada sentido. Os novos dados de velocidade são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Limites de velocidade para o dois sentidos de tráfego

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	70	6400
70	6420	80	5580
80	13380	70	3080
60	60	80	4720
		60	120

Por motivos de segurança, a redução de velocidade deve se dar em intervalos de 10 km/h a cada 80 m, como visto no capítulo anterior. Neste caso, no trecho onde a velocidade passa de 80 km/h para 20 km/h devem ser introduzidos trechos com extensão de 80 m para que a velocidade seja reduzida gradativamente. A Tabela 24 mostra o resultado deste procedimento.

Tabela 24 – Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes

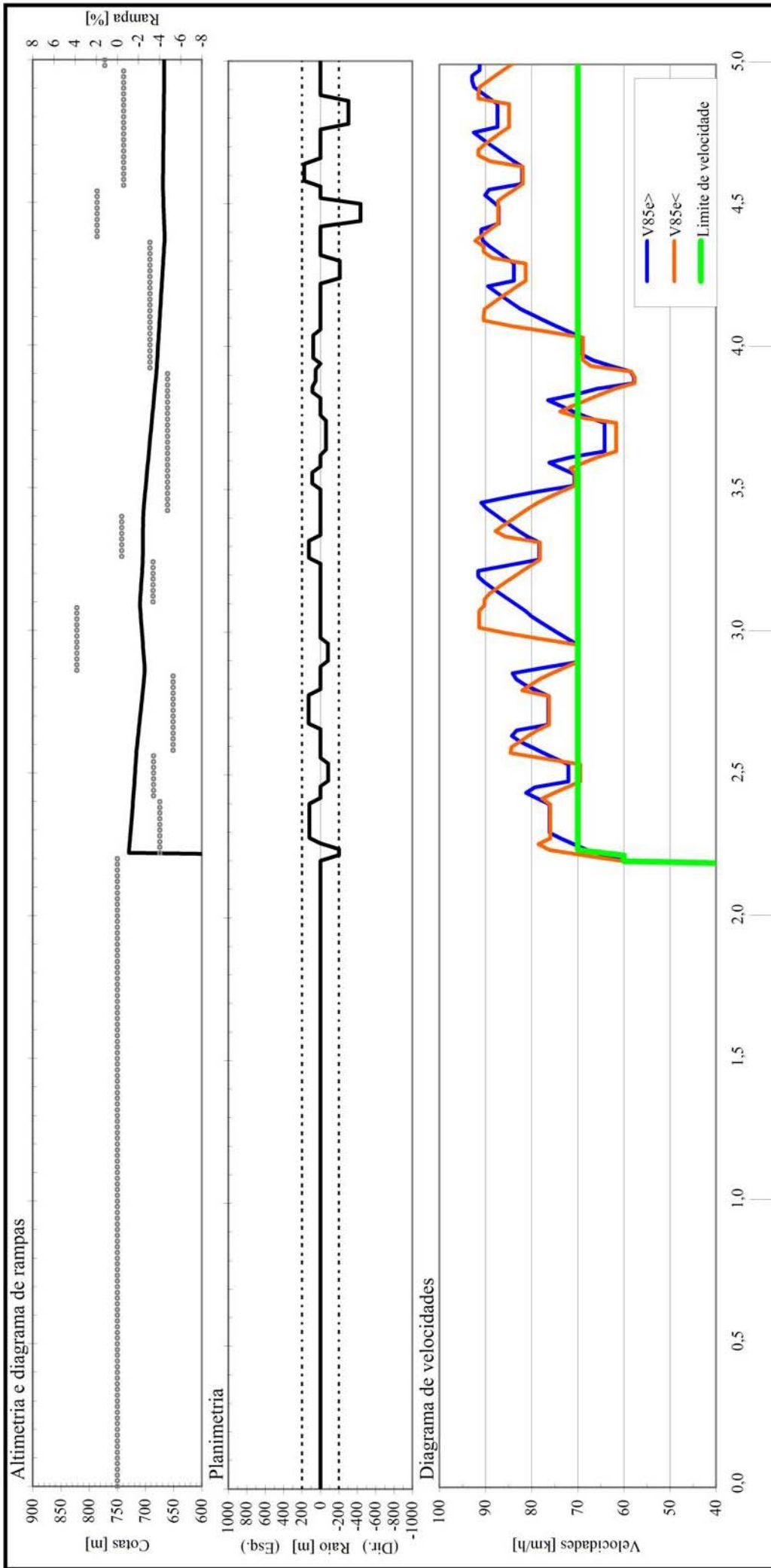
Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	70	6400
70	6420	80	5580
80	13300	70	3080
70	80	80	4640
60	60	70	80
		60	120

Para facilitar a compreensão por parte dos usuários da rodovia, os limites de velocidade para os dois sentidos são unificados, ou seja, o menor limite de velocidade dentre os dois sentidos é adotado. Com isso, a Tabela 25 apresenta os limites de velocidade e sua extensão ao longo do trecho 116BRS3110.

Tabela 25 – Limite de velocidade para o trecho 116BRS3110

Limite de velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	40
70	6420
80	5520
70	3080
80	4640
70	80
60	120

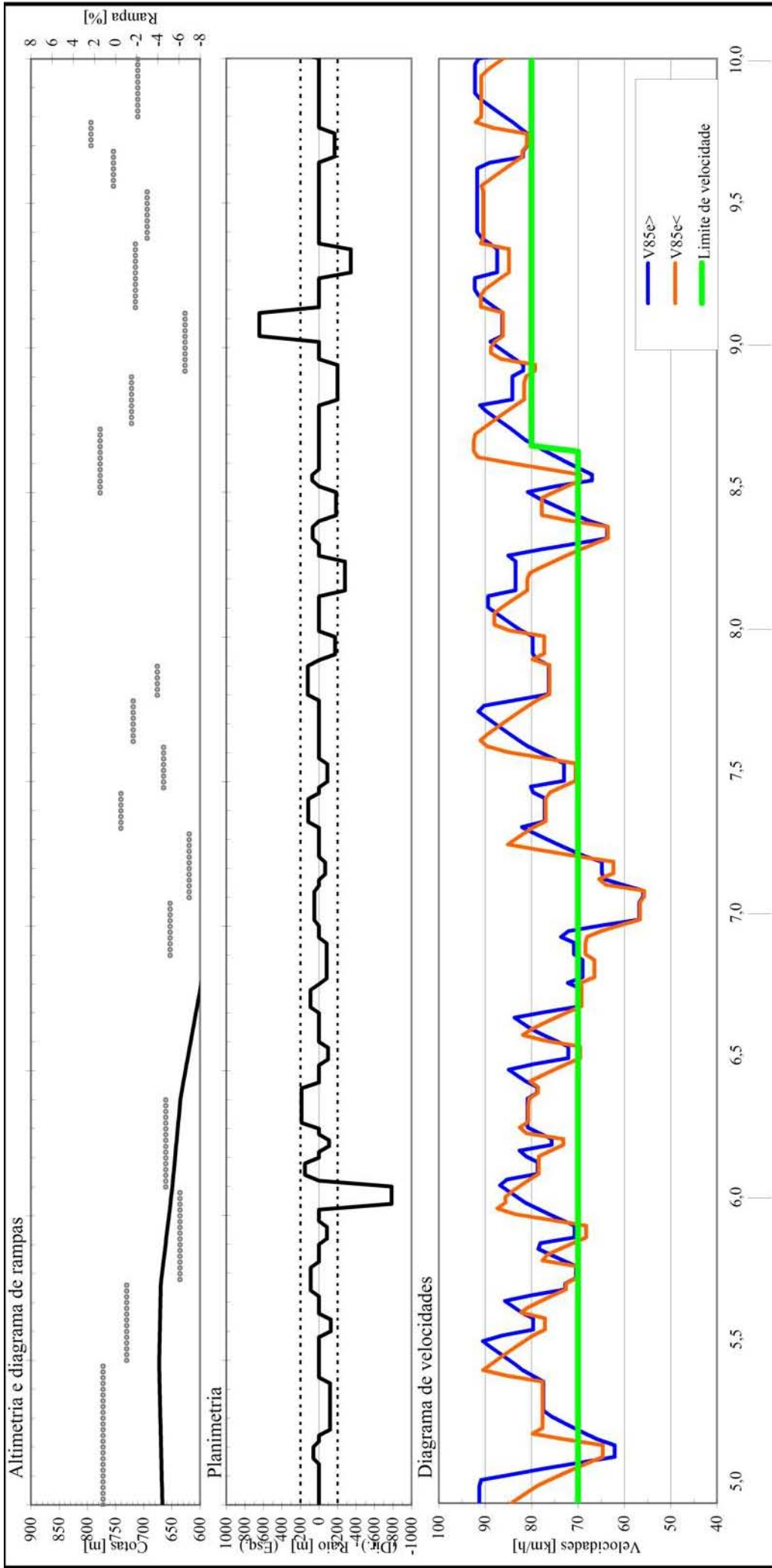
Os dados de limite de velocidade são expandidos para dados de 20 em 20 metros, e com isso, gráficos com os limites de velocidade para todo o trecho são gerados. Os gráficos do trecho 116BRS3110 estão apresentados a seguir:



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
116BRS3110	
ENTR. ERS-452 (VILA CRISTINA)	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 0+000 ao km 5+000
	Página
	01

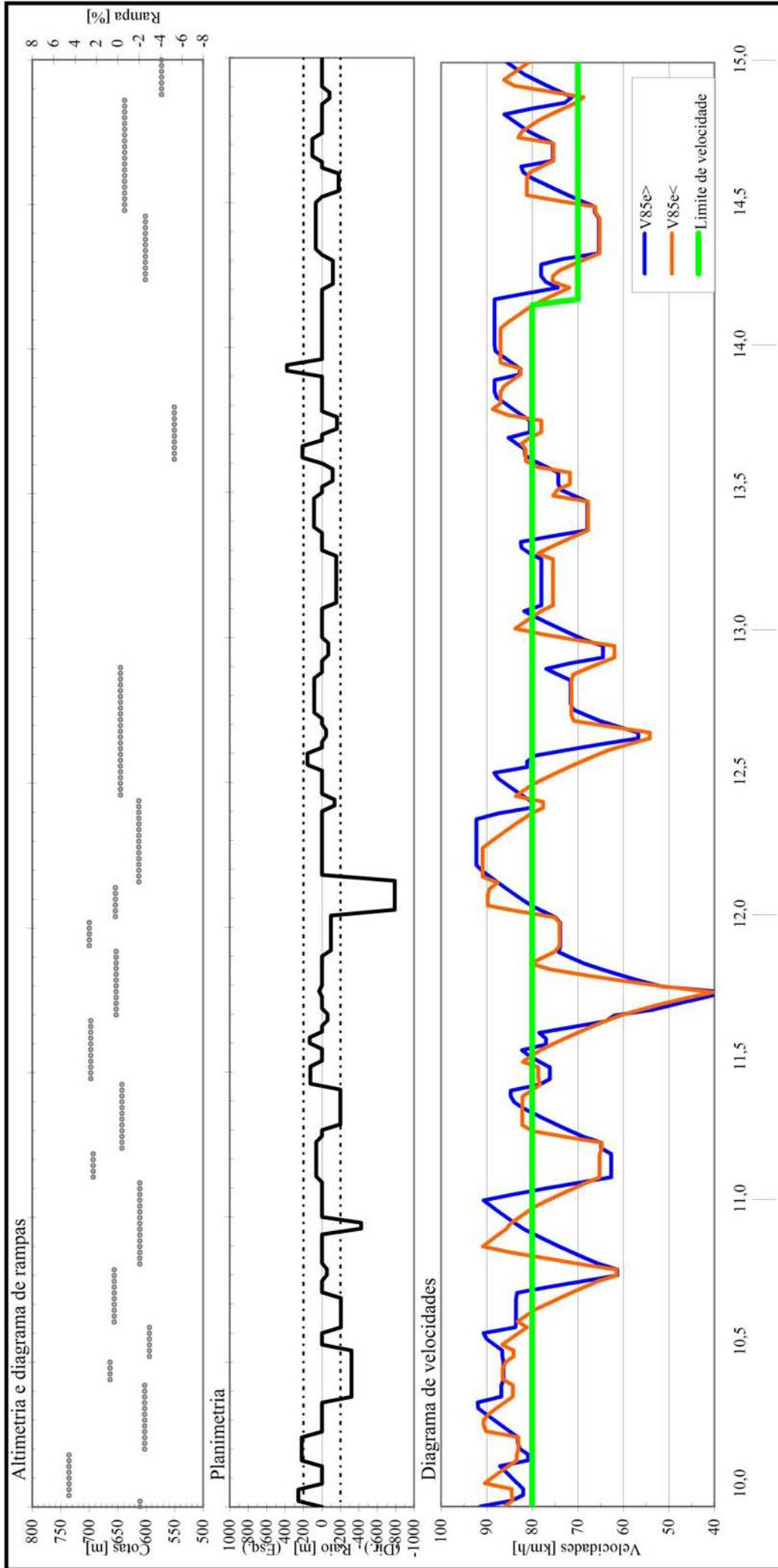
Figura 15 – Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 0+000 ao km 5+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
116BRS3110	
ENTR. ERS-452 (VILA CRISTINA)	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 5+000 ao km 10+000
Página	02

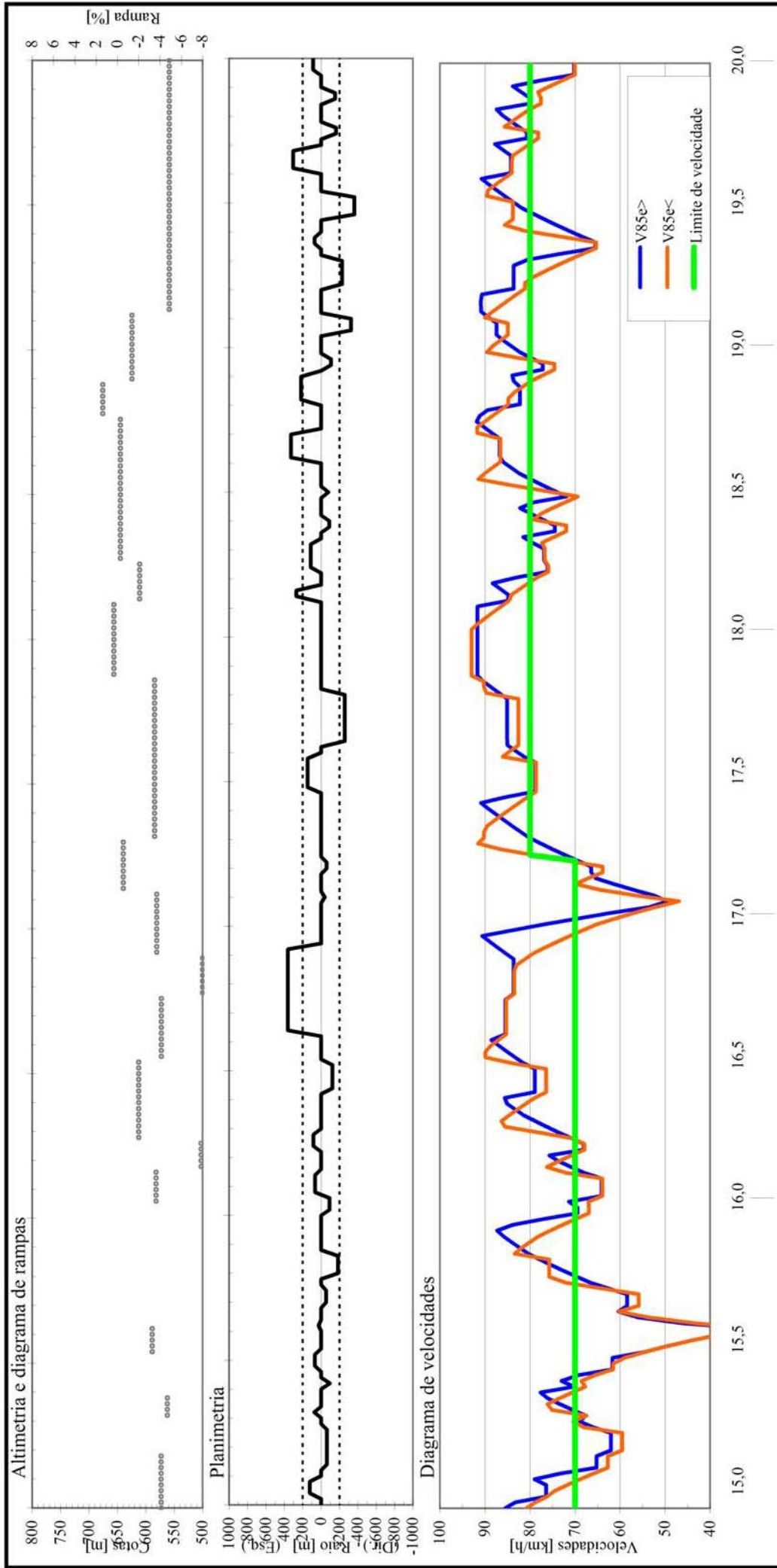
Figura 16 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 5+000 ao km 10+000



PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
116BRS3110	
ENTR. ERS-452 (VILA CRISTINA)	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 10+000 ao km 15+000
Página	
03	

OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

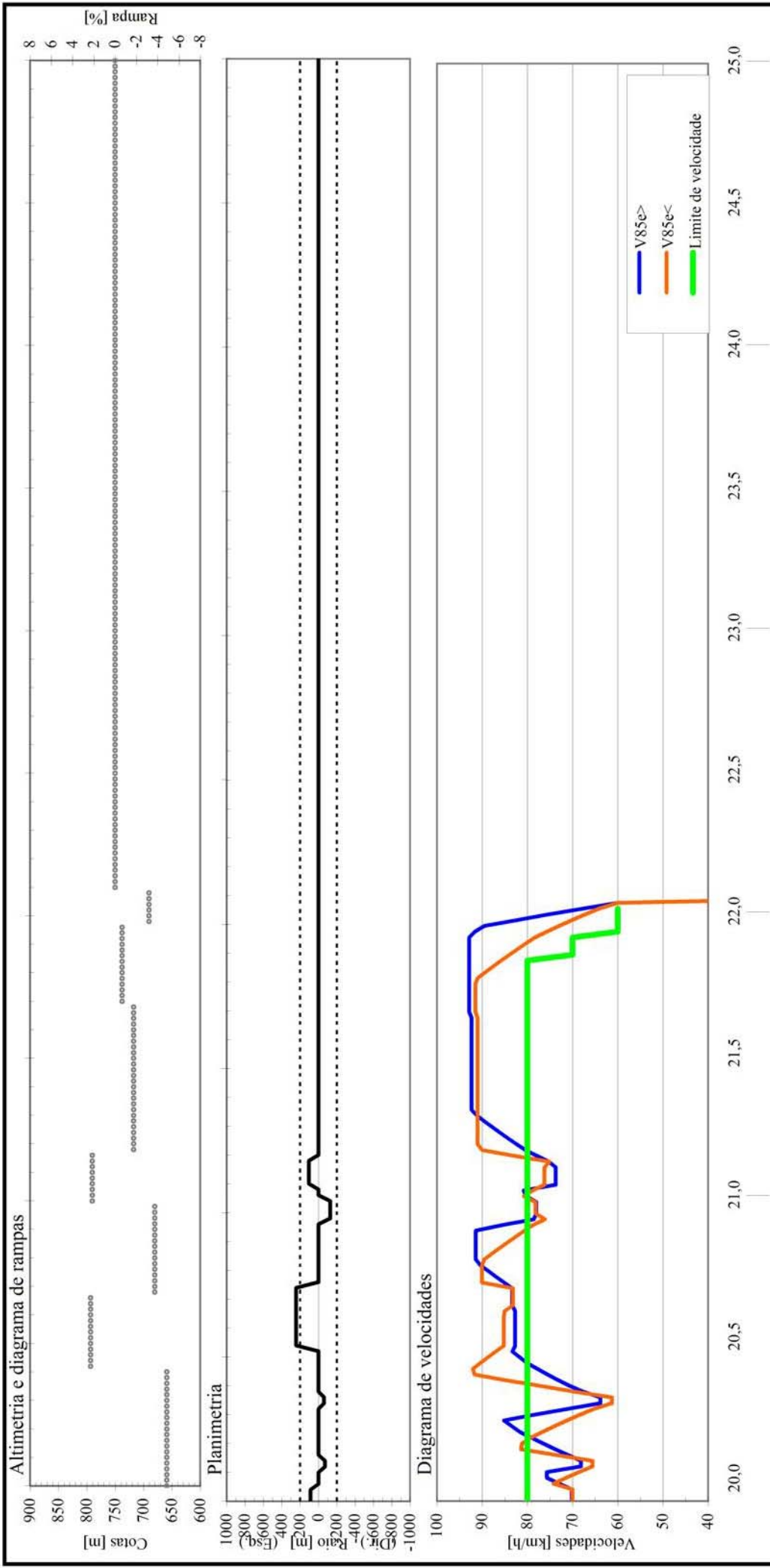
Figura 17 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 10+000 ao km 15+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: não infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
116BRS3110	
ENTR. ERS-452 (VILA CRISTINA)	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 15+000 ao km 20+000
	Página
	04

Figura 18 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 15+000 ao km 20+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e-operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	Vl: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
	116BRS3110	
	ENTR. ERS-452 (VILA CRISTINA)	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA	
jan/08	km 20+000 ao km 25+000	Página 05

Figura 19 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3110 do km 20+000 ao km 25+000

Após o estabelecimento dos limites de velocidade, as velocidades de advertência em curvas do alinhamento horizontal devem ser definidas. Para a definição das velocidades de advertência, compara-se a menor velocidade operacional dos segmentos curvos, já convertida em múltipla de 10 km/h, com o limite de velocidade encontrado. Se o limite de velocidade for superior a velocidade operacional, adota-se a velocidade operacional como velocidade de advertência. A Tabela 26 exemplifica a operação feita para obtenção de todas as velocidades de advertência do trecho 116BRS3110.

Tabela 26 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 116BRS3110

Estacas		Velocidade Op. > (km/h)	Velocidade Op. < (km/h)	Classe	Raio (m)	Velocidade (km/h)	Vel. Múltipla (km/h)	Limite de Velocidade (km/h)	Velocidade Advertência (km/h)	Distância (m)
3,640	3,740	64,18	61,65	3	62,26	61,65	60	70	60	120
3,840	3,920	70,43	65,1	3	86,23	65,1	60	70	60	100
5,160	5,200	62,07	64,6	3	59,49	62,07	60	70	60	60
6,820	6,880	68,96	66,44	3	83,87	66,44	60	70	60	80
7,020	7,120	56,74	56,58	3	50,76	56,58	50	70	50	120
7,180	7,220	64,84	62,31	3	66,46	62,31	60	70	60	60
8,340	8,380	63,67	63,52	3	67,95	63,52	60	70	60	60
8,540	8,560	66,97	69,5	3	72,52	66,97	60	70	60	40
10,700	10,720	83,58	76,91	3	206,22	76,91	70	80	70	40
10,800	10,820	61,35	61,51	3	54,97	61,35	60	80	60	40
11,140	11,260	62,65	65,18	3	61,93	62,65	60	80	60	140
11,320	11,340	74,37	82,17	3	201,6	74,37	70	80	70	40
11,48	11,52	76,12	78,65	3	124,99	76,12	70	80	70	60
11,6	11,62	76,96	75,64	3	133,37	75,64	70	80	70	40
11,68	1,7	63,91	64,06	3	62,33	63,91	60	80	60	40
11,92	12,04	74,26	75,15	3	99,48	74,26	70	80	70	140
12,56	12,6	81,11	71,94	3	155,29	71,94	70	80	70	60
12,66	12,68	56,71	54,18	3	45,87	54,18	50	80	50	40
12,74	12,86	68,17	71,39	3	82,08	68,17	70	80	70	140
12,94	12,98	64,47	61,94	3	68,75	61,94	60	80	60	60
13,12	13,28	77,98	75,46	3	155,42	75,46	70	80	70	180
13,38	13,48	67,92	67,76	3	85	67,76	70	80	70	120
13,54	13,58	74,28	71,75	3	115,48	71,75	70	80	70	60
14,34	14,5	65,36	65,21	3	65,61	65,21	60	70	60	180
15,14	15,26	65,22	62,69	3	64,04	62,69	60	70	60	140
15,32		67,64	67,48	3	75,24	67,48	60	70	60	20
15,48	15,52	61,69	61,53	3	66,81	61,53	60	70	60	60
15,62		30,36	30,2	3	27,73	30,2	30	70	30	20
15,7	15,74	58,39	55,86	3	57,63	55,86	50	70	50	60
16,02	16,14	69,46	66,93	3	93,36	66,93	60	70	60	140
17,1		49,45	46,92	3	39,69	46,92	40	70	40	20
17,22		66,4	63,87	3	62,9	63,87	60	70	60	40
18,24	18,32	76,05	75,89	3	111,49	75,89	70	80	70	100
18,38	18,4	74,46	71,93	3	89,74	71,93	70	80	70	40
18,5		71,91	69,38	3	78,92	69,38	70	80	70	20
18,94	18,96	77,13	74,6	3	108,28	74,6	70	80	70	40
19,28	19,3	83,63	76,71	3	229,59	76,71	70	80	70	40
19,36	19,38	65,48	65,32	3	68,79	65,32	60	80	60	40
19,96	20,04	70,17	70,02	3	85,32	70,02	70	80	70	100
20,12	20,14	68,12	65,59	3	73,18	65,59	60	80	60	40
20,34	20,36	63,82	61,29	3	61,56	61,29	60	80	60	40
21,1	21,18	73,72	76,25	3	104,74	73,72	70	80	70	100

4.3 Resultado dos demais trechos

O procedimento de cálculo para os demais trechos segue as mesmas etapas discriminadas no item 4.2. Por esta razão, todas as tabelas e descrições referentes aos cálculos de limite de velocidade e velocidades de advertência estão anexas ao presente trabalho.

4.4 Análise dos Resultados

O primeiro trecho analisado, 116BRS3110, situa-se em região montanhosa e têm classe de projeto III. A velocidade de projeto do trecho, associada à classe e região, é de 40 km/h. Para análise do comportamento geral do limite de velocidade para o trecho, os dados de velocidade foram acumulados em suas extensões, assim, tem-se a porcentagem de cada limite de velocidade na extensão total do trecho. A Figura 20 mostra o gráfico dos limites de velocidade e suas extensões.

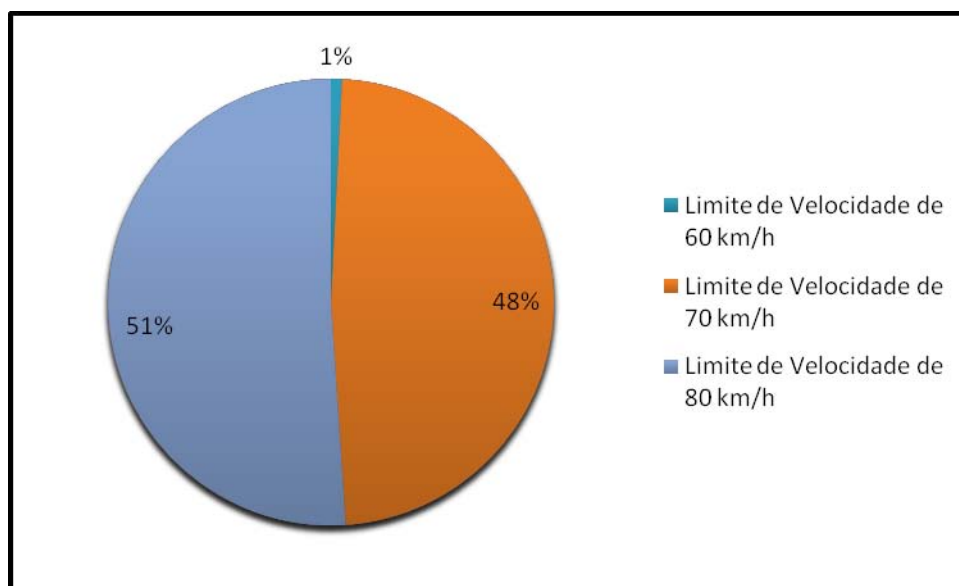


Figura 20 – Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 116BRS3110

A Figura 20 mostra que o limite de velocidade do trecho fica dividido entre as velocidades de 70 km/h e 80 km/h. O limite de velocidade sugerido pelo método é bem superior à velocidade de projeto do trecho, mostrando que esta está desatualizada.

A próxima análise é referente ao efeito das velocidades de advertência no limites de velocidade do trecho. Lembrando que as velocidades de advertência são apenas sinalizações feitas em curvas que tem sua velocidade operacional menor que a velocidade limite. A Figura 21 mostra os limites de velocidade do trecho somados com as velocidades de advertência e suas

extensões, assim, pode-se mensurar o efeito das velocidades de advertência no limite de velocidade do trecho em estudo.

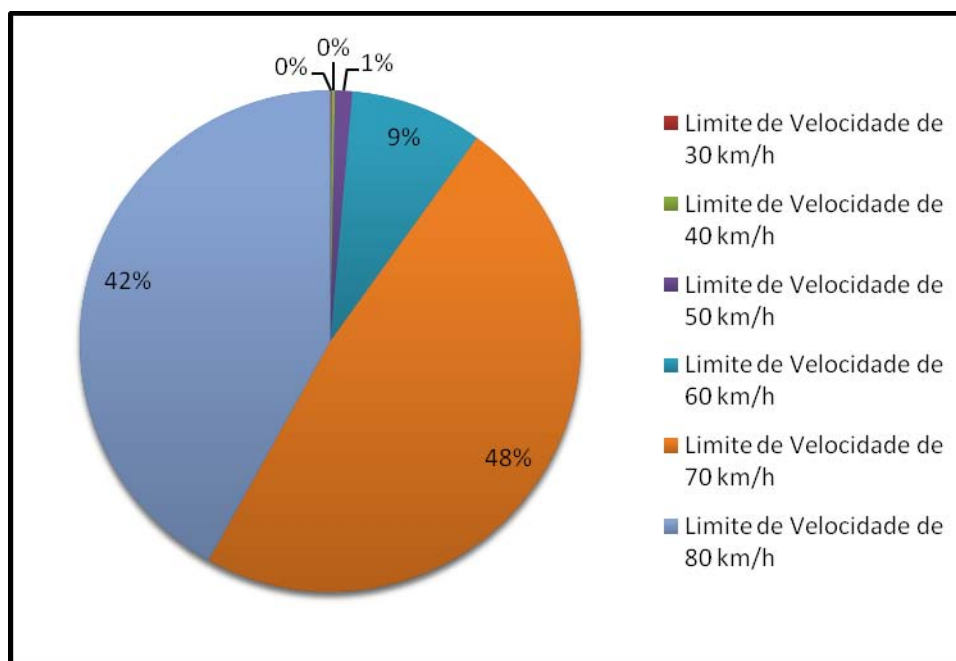


Figura 21 – Porcentagem de cada velocidade do trecho 116BRS3110

A Figura 21 mostra que alguns trechos que apresentavam limite de velocidade de 80 km/h passaram a ter limite de velocidade de 60 km/h. O efeito das velocidades de advertência é bastante significativo, pois trata-se de uma rodovia de classe III em região montanhosa, portanto, as curvas têm velocidades operacionais menores que os limites de velocidade.

Para entender melhor este efeito, a Tabela 27 mostra a porcentagem do trecho que deve ser sinalizada por velocidades de advertência. A extensão das velocidades de advertência chega a 15% do trecho estudado, portanto, influenciando muito no limite de velocidade.

Tabela 27 – Porcentagem do trecho 116BRS3110 com velocidade de advertência

Análise das velocidades de advertência	
Extensão das velocidades de advertência	3080
Extensão do trecho	20050
Porcentagem de velocidades de advertência	15%

O trecho 116BRS3080 situa-se também em região montanhosa, porém tem classe de projeto II. A velocidade de projeto associada ao trecho é de 50 km/h. A Figura 22 mostra as porcentagens dos limites de velocidade do trecho.

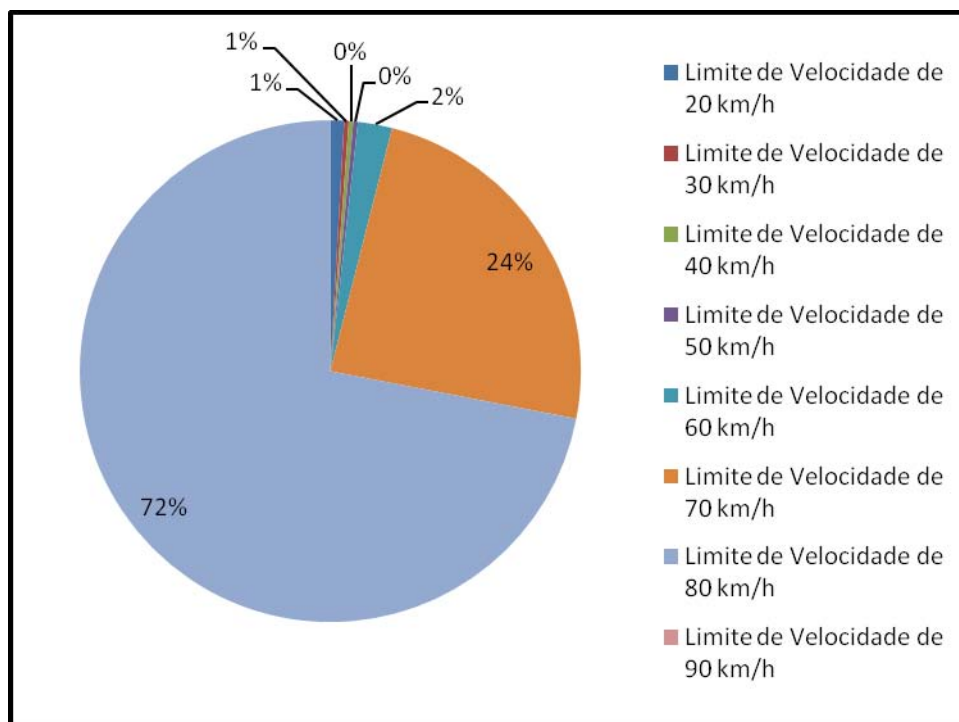


Figura 22 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 116BRS3080

O trecho 116BRS3080, por ser de classe superior ao trecho 116BRS3110, tem uma porcentagem maior de limite de velocidade de 80 km/h, mostrando a influência da classe de projeto no limite de velocidade.

Com a introdução das velocidades de advertência, a porcentagem do limite de velocidade de 80 km/h é reduzida drasticamente, assumindo limite de velocidade de 70 km/h. A Figura 23 mostra a porcentagem dos limites de velocidade considerando-se as velocidades de advertência.

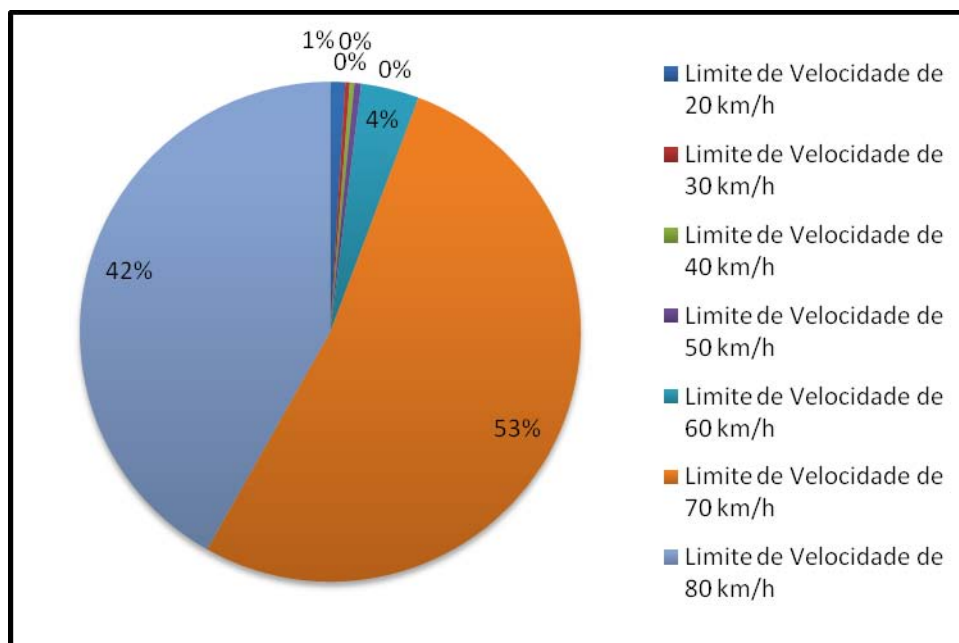


Figura 23 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 116BRS3080

Apesar da grande influência nos limites de velocidade, a extensão dos trechos de velocidade de advertência compreende apenas 8% da extensão total do trecho, como mostra a Tabela 28. Nota-se que, da mesma forma que o trecho 116BRS3130, a velocidade limite predominante é de 70 km/h

Tabela 28 - Porcentagem do trecho 116BRS3080 com velocidade de advertência

Análise das velocidades de advertência	
Extensão das velocidades de advertência	2280
Extensão do trecho	27180
Porcentagem de Velocidade de Advertência	8%

O trecho 386BRS0240 é o terceiro trecho em região montanhosa, sendo o primeiro trecho analisado de classe de projeto IA. A velocidade de projeto, associada à região montanhosa e classe de projeto IA, é de 60 km/h. A Figura 24 mostra as porcentagens dos limites de velocidade para o trecho.

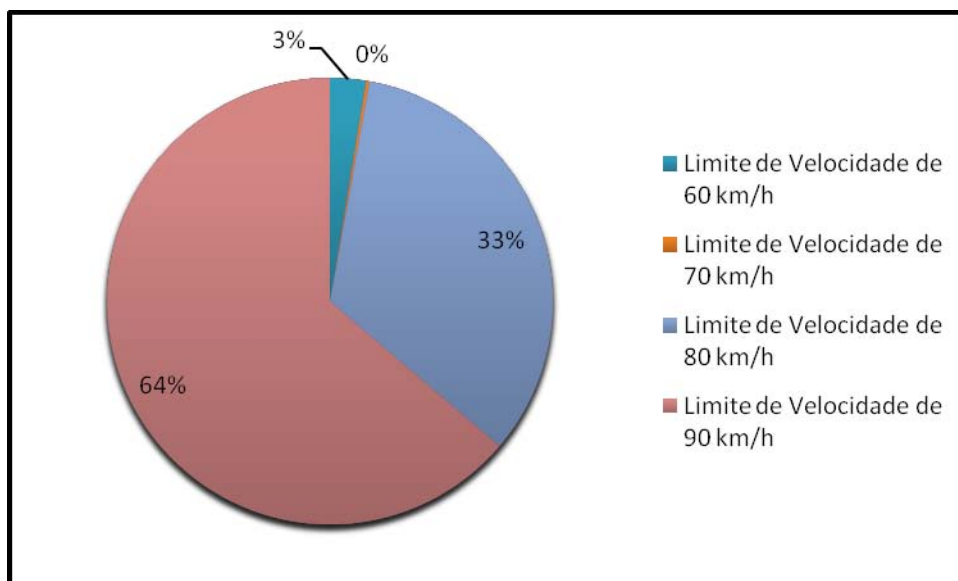


Figura 24 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 386BRS0240

O limite de velocidade predominante é de 90 km/h, compreendendo 64% da extensão do trecho da rodovia, seguido de 33% de limite de velocidade de 80 km/h. Nota-se que a classe de projeto da rodovia influenciou no aumento do limite de velocidade.

Com a introdução das velocidades de advertência, a velocidade predominante do trecho continua sendo de 90 km/h, porém a porcentagem passa de 64% do trecho para 54%. A Figura 25 mostra as extensões de cada velocidade.

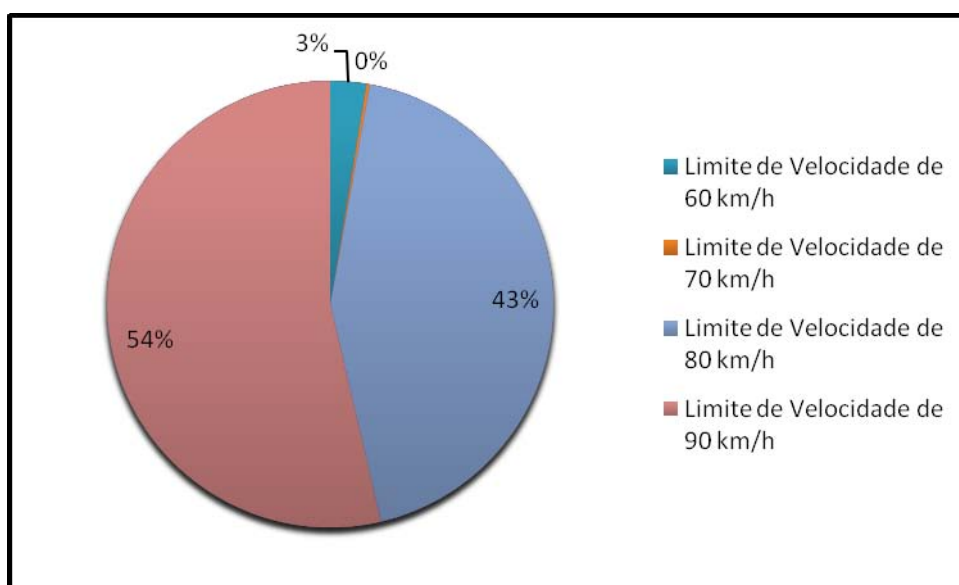


Figura 25 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 386BRS0240

A extensão das velocidades de advertência compreende 9% da extensão total do trecho, conforme mostra a Tabela 29. A extensão de velocidades de advertência não mudou muito com a mudança das classes de projeto das rodovias. No primeiro trecho, de classe III, a porcentagem da extensão em velocidade de advertência foi de 15%, passando para 8% no trecho com classe de projeto II e no trecho de classe de projeto IA passou para 9%.

Tabela 29 - Porcentagem do trecho 386BRS0240 com velocidade de advertência

Análise das velocidades de advertência	
Extensão das velocidades de advertência	3040
Extensão do trecho	32280
Porcentagem de Velocidade de Advertência	9%

O trecho 030ERS0090, primeiro trecho em região ondulada, têm classe de projeto III. A velocidade de projeto associada ao trecho é de 60 km/h. A Figura 26 mostra os limites de velocidade do trecho e suas extensões.

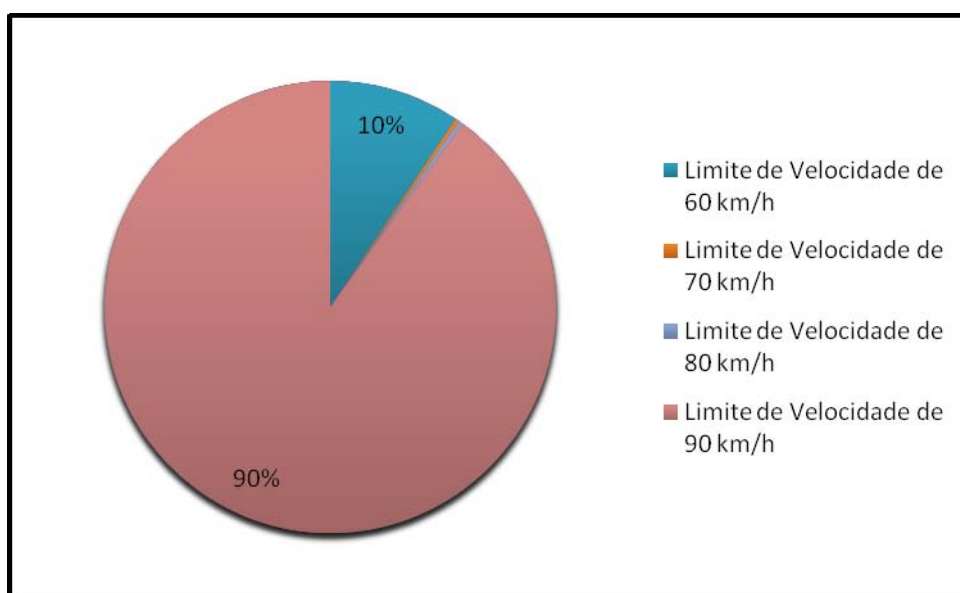


Figura 26 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 030ERS0090

O limite de velocidade predominante do trecho, cobrindo 90% da extensão deste, é de 90 km/h. Os 10% restantes são de limite de velocidade de 60 km/h. Neste caso, a região do projeto tem influência no limite de velocidade.

Após a aplicação das velocidades de advertência, como mostra a Figura 27, as velocidades continuam praticamente as mesmas. A porcentagem de limite de velocidade de 90 km/h passou de 90% para 87%.

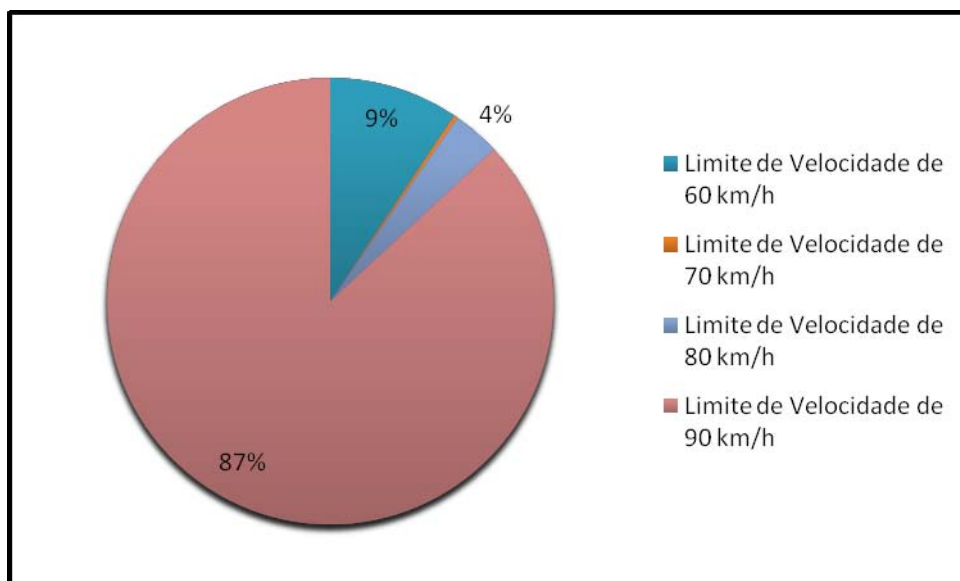


Figura 27 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 030ERS0090

A Tabela 30 mostra que a extensão do trecho com velocidade de advertência é de apenas 3%, comprovando que a região de projeto influencia nas velocidades operacionais do trecho e consequentemente nas extensões de velocidade de advertência.

Tabela 30 - Porcentagem do trecho 030ERS0090 com velocidade de advertência

Análise das velocidades de advertência	
Extensão das velocidades de advertência	840
Extensão do trecho	26880
Porcentagem de Velocidade de Advertência	3%

O trecho 130ERS0110 é de região ondulada e de classe de projeto I. Como já era de se esperar, com a evolução na classe de projeto, o limite de velocidade predominante do trecho, com 98% da extensão, é de 90 km/h. A Figura 28 mostra as porcentagens das velocidades do trecho.

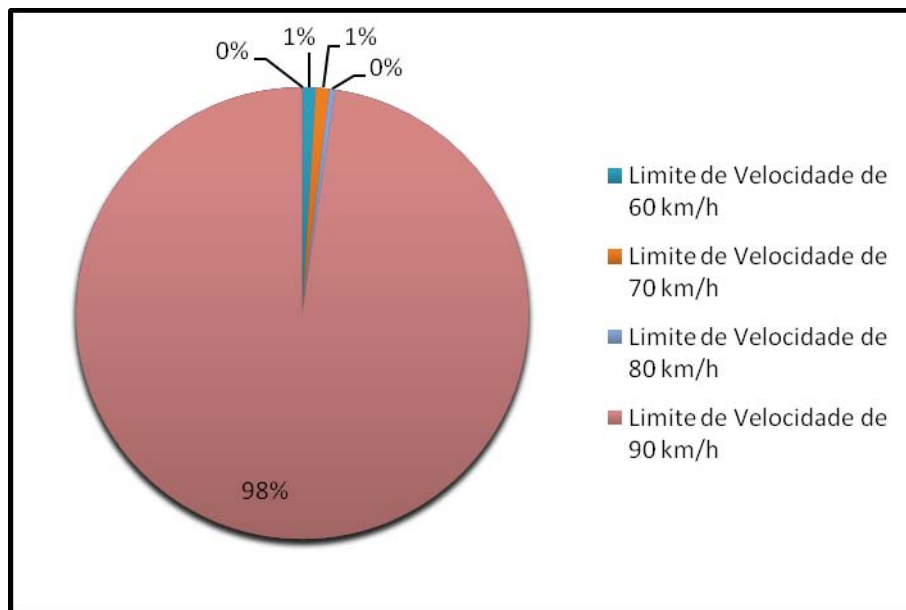


Figura 28 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 130ERS0110

Como aconteceu no trecho anterior, as extensões de velocidade de advertência não são significativas, não modificando consideravelmente as velocidades do trecho. A Figura 29 mostra o gráfico das velocidades do trecho e suas extensões.

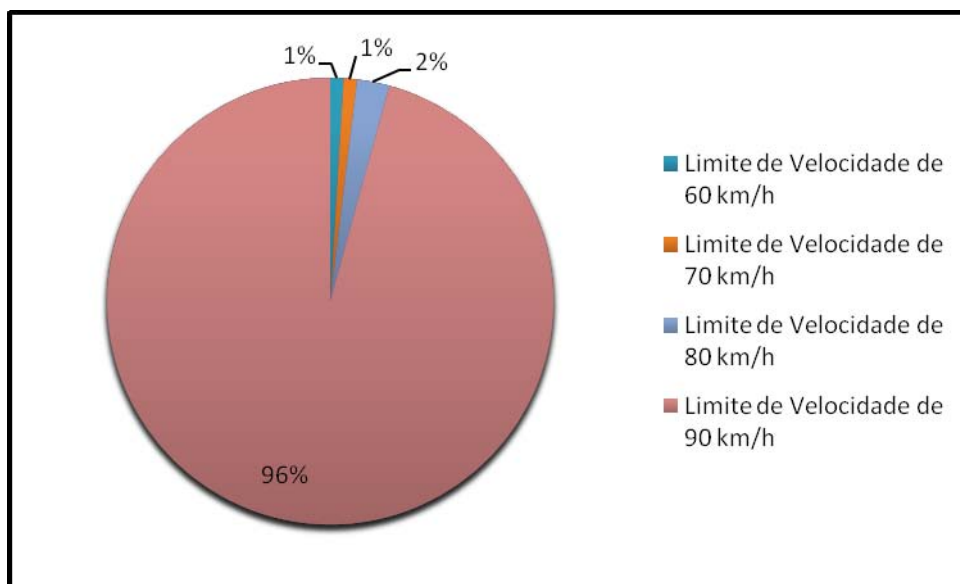


Figura 29 - Porcentagem de cada limite de velocidade do trecho 130ERS0110

A Tabela 31 mostra que apenas 4% da extensão do trecho 130ERS0110 têm velocidades de advertência. As velocidades de advertência influenciam cada vez menos as velocidades dos

trechos estudados. Isso comprova que com a evolução da classe de projeto e mudança da região do projeto as velocidades de advertência já não se fazem necessárias.

Tabela 31 - Porcentagem do trecho 130ERS0110 com velocidade de advertência

Análise das velocidades de advertência	
Extensão das velocidades de advertência	360
Extensão do trecho	18730
Porcentagem de Velocidade de Advertência	2%

O último trecho analisado é o único de região plana e de classe de projeto IB. A velocidade de projeto associada ao trecho é de 100 km/h. O limite de velocidade amplamente predominante no trecho é de 90 km/h, compreendendo 98% da extensão total do trecho. Este foi o único caso onde a velocidade de projeto foi superior ao limite de velocidade. A Figura 30 mostra os limites de velocidade e extensão destes para o trecho 040ERS0050.

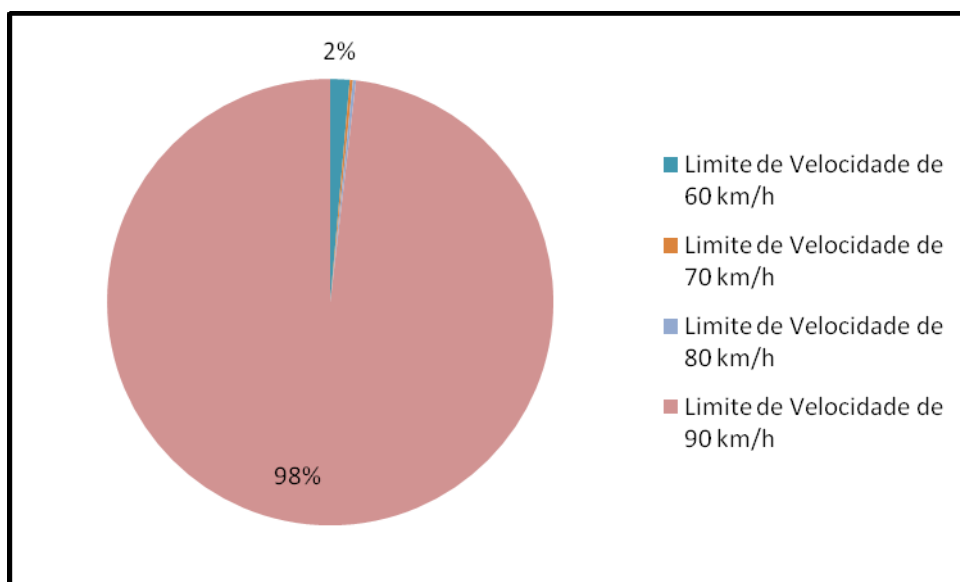


Figura 30 - Porcentagem de cada velocidade do trecho 040ERS0050

Neste caso, não foram necessárias velocidades de advertência, ou seja, as velocidades operacionais nas curvas são menores ou iguais aos limites de velocidade do trecho. O limite de velocidade permanece constante em 98% da extensão do trecho da rodovia.

Para uma análise geral de todos os trechos estudados, a Tabela 32 mostra um quadro geral que apresenta as classes de projeto, região, VDM, extensão total e também os limites de velocidade e velocidades de advertência dos seis trechos.

Tabela 32 – Quadro resumo dos seis trechos em estudo

CÓDIGO	DADOS DE PROJETO			VDM	EXT (m)	LIMITES DE VELOCIDADE (km/h)		VELOCIDADE DE ADVERTÊNCIA (km/h)		% V. DE ADVERTÊNCIA
	REG.	CAT.	Vd							
116BRS3110	M	3	40	1329	20,05	80 (51%)	70 (48%)	80 (42%)	70 (48%)	15%
116BRS3080	M	2	50	2538	27,18	80 (72%)	70 (24%)	80 (42%)	70 (53%)	8%
386BRS0240	M	1	60	4406	32,28	90 (64%)	80 (33%)	90 (54%)	80 (43%)	9%
030ERS0090	O	3	60	3247	26,88	90 (90%)	60 (10%)	90 (87%)	60 (9%)	3%
130ERS0110	O	1	80	4130	18,73	90 (98%)	70 (1%)	90 (96%)	80 (2%)	2%
040ERS0050	P	1	100	7261	35,84	90 (98%)	60 (2%)	90 (98%)	60 (2%)	0%

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

A segurança em vias de transporte é comprovadamente afetada pela adoção de limites de velocidade adequados para as velocidades praticadas pela média dos condutores ditos prudentes. Embora tais limites não garantam isoladamente a segurança, contribuem para aumentá-la.

No Brasil não existem métodos de estabelecimento de limites de velocidade oficialmente utilizados para a sinalização de velocidades seguras para o tráfego de veículos em rodovias. A legislação de trânsito é muito pouco precisa, pois não leva em consideração os aspectos geométricos e operacionais das rodovias, são apenas limites estatutários.

Os limites de velocidade encontrados não puderam ser comparados com a realidade, pois não foram encontrados dados das velocidades regulamentares das rodovias analisadas no estudo. Uma comparação que pode demonstrar a evolução das velocidades praticadas nas rodovias é o enfrentamento dos limites de velocidade encontrados no estudo com as velocidades de projeto destas. A Tabela 33 mostra a comparação entre as velocidades de projeto e os limites de velocidade.

Tabela 33 – Comparação entre velocidades de projeto e limites de velocidade

CÓDIGO	VELOCIDADE DE PROJETO (km/h)	LIMITES DE VELOCIDADE (km/h)	DIFERENÇA ENTRE VELOCIDADES (km/h)
116BRS3110	40	80 (51%) 70 (48%)	40
116BRS3080	50	80 (72%) 70 (24%)	30
386BRS0240	60	90 (64%) 80 (33%)	30
030ERS0090	60	90 (90%) 60 (10%)	30
130ERS0110	80	90 (98%) 70 (1%)	10
040ERS0050	100	90 (98%) 60 (2%)	- 10

Pode-se notar que em cinco dos seis casos estudados o limite de velocidade é superior as velocidades de projeto, mostrando que as velocidades que estão sendo praticadas nas rodovias são bem superiores as quais a rodovia foi projetada no passado. Nas rodovias de classe inferior o limite de velocidade manteve-se superior a velocidade de projeto em 30 km/h, enquanto que para as classes de projeto mais elevadas e em regiões onduladas e planas as velocidades permaneceram semelhantes.

Os limites de velocidade resultantes dos seis trechos analisados mostraram uma coerência com a classe e relevo das rodovias. Ou seja, quanto maior a classe de projeto e melhor o relevo, maior foi o limite de velocidade e menor a diferença da velocidade de projeto. Nota-se com isso um achatamento dos limites de velocidade, ou seja, os limites aproximam-se da média de 80 km/h.

As velocidades de advertência comportaram-se da mesma forma. Em rodovias de classe inferior, a porcentagem da extensão com velocidades de advertência é maior, enquanto que no único projeto analisado de classe IB, não existiram velocidades de advertência.

As velocidades de advertência mostram bem a influência do projeto nos limites de velocidade encontrados. Em rodovias de classe inferior, onde as velocidades operacionais variam muito, afetando a segurança dos seus usuários, faz-se necessária a implantação de muitos trechos com velocidade de advertência.

O método de estabelecimento de limites de velocidade apresentado no presente trabalho pode sim ser utilizado como ferramenta de segurança viária, ajudando na obtenção de velocidades seguras nas rodovias, pois estabelece limites com critérios técnicos, não apenas questões políticas, como geralmente são implementados os atuais limites de velocidade.

5.2 Recomendações

Para trabalhos futuros recomenda-se uma análise de diferentes pontos críticos da rodovia. A limitação da velocidade em pontos com grande número de acidentes, por exemplo, pode ajudar na redução do número destes.

Recomenda-se também a automação do cálculo do limite de velocidade dos trechos a partir dos seus dados geométricos. Assim, pode-se obter limites de velocidade com poucos passos, aumentando a agilidade do método.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO (2001). **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. Washington DC, American Association of State Highway and Transportation Officials. 905 p.

AASHTO (1994). **A Policy on Geometric Desing of Highways and Streets**. Washington DC, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1006 p. ISBN 1-56051-068-4.

BOWIE, N. N., e WALZ, M.(1994). **Data Analysis of the Speed-Related Crash Issue**. Auto and Traffic Safety, Vol. 1, No. 2, Winter, NHTS, U.S. Department of Transportation, pp. 31-38.

BRASIL (1997). **Código de Trânsito Brasileiro / Lei nº9.503 de 23.set.1997**. São Paulo, Sugestões Literárias, 1997. 149 p. ISBN 85-02-02536-8.

CEFTRU (2003). **Metodologia para Definição da definição da Velocidade Máxima a ser Permitida em Vias Urbanas do Distrito Federal**. Universidade de Brasília, DF.

CIRILLO, J. A. (1968). **Interstate System Accident Research – Study II – Interim Report II**. Public Roads, vol.35, nº3.

DER/SP (2002). Portaria SUP/DER-61, de 30. Set.2002. **Fixa velocidades máximas em diversas rodovias e determina providências**. Diário Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 27.

DENATRAM. **Sinalização Vertical de Regulamentação**. Relatório Técnico do manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do DENATRAN.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DAER/RS (1991). **Normas de Projetos Rodoviários**. Porto Alegre, fev. 1991.

DNER (1999). **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Ministério dos

Transportes – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico.

DNER (1999). **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico.

EVANS, L. (1991). **Traffic safety and the driver**. New York: Van Nostrand Reinhold.

FAMER, C. M., RETTING, A. e LUND. A. K. (1997). **Effect of 1996 Speed Limit Changes on Motor Vehicle Occupant Fatalities**. Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, Va., Oct., 12pp.

FAMER, C. M., RETTING, A. e LUND. A. K. (1999). **Changes in motor vehicle occupant fatalities after repeal of national maximum speed limit**. Accident Analysis and Prevention, 31(5), pp. 537-543.

FENG. C. (2001). **Synthesis of studies on speed and safety**. Transportation Research Record 1779, Washington DC, p.86-92.

FHWA (1995). **FHWA Study Tour for Speed Management and Enforcement Technology**. Federal highway Administration, Washington DC, 56 p.

FILDES, B. N., RUMBOLD, G. e LEENING, A. (1991). **Speed Behavior and Drivers Attitude to speeding**. Report 16. Monash University Accident Research Center, Monash, Victoria, Austrália, Junho.

FINCH, D. J., KOMPFFNER, P., LOCKWOOD, C. R., e MAYCOCK, G. (1994). **Speed, Speed Limits and Accidents**. Project Report 58. S211G/RB. Transport Research Laboratory, Berkshire, England, 24pp.

FITZPATRICK, K., KRAMMES, R. A. , e FAMBRO, D. B. (1997). **Design Speed, Operating Speed and Posted Speed Relationships**. ITE Journal, Vol. 67, No. 2, Feb., pp.52-59.

FITZPATRICK, K., BLASCHKE, J. D., SHAMBURGER, C. B., KRAMMES, R. A., e FAMBRO, D. B.(1995). **Compatibility of Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed**. Final Report FHWA/TX-95/1465-2F. Texas Department of Transportation, College Station, TX .

FITZPATRICK, K.; SHAMBURGER, B.; FAMBRO, D. (1996). **Design speed, operating speed, and posted speed survey**. Transportation Research Record 1523, Washington DC, p. 55-60.

GABER, N. J. e EHRHART, A. A. (2000). **The Effect of Speed, Flow, and Geometric Characteristics on Crash Rates for Different Types of Virginia Highways**. Virginia Department of Transportation and the University of Virginia.

GARCIA, D. S. P. (2008). Tese de Doutorado em andamento – Engenharia de Produção e Transportes, Porto Alegre.

GRABOWSKI, D. C. e MORRISEY, M. A. (2006). **Systemwide implications of the repeal of the National Maximum Speed Limit**. Accident Analysis and Prevention.

HAUER, E. (1971). Accidents, Overtaking, and Speed Control. Accident Analysis and Prevention, Vol. 3, pp. 1-13.

ITE (1993). **The traffic Safety Toolbox** – A Primer on Traffic Safety. Washington DC, Institute of Transportation Engineers. 257 p.

ITE (1992). **Traffic Engineering Handbook**: Fourth Edition (J.L.Pline, ed.). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

ITE (1994). **Manual of Transportation Engineering Studies. Spot Speed Studies**. Washington DC, Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall, p. 33-51.

JOKSCH, H. C. (1993). Velocity Change and Fatality Risk in a Crash. Accident Analysis and

Prevention, Vol. 25, pp. 103-104.

KLOEDEN, C.N., MCLEAN, A. A., MOORE, V.M. e PONTE G. (1997). **Travelling Speed and the Risk of Crasch Involvement**. Vol. I – Findings. NHMRC Road Accident Research Unit, The University of Adelaide, Austrália, Novembro, 60 p.

KNOWLES, V., B. PERSAUD, M. PARKER, AND G. WILDE (1997). **Safety, speed and speed management: A canadian review**. Final report, contract T8080-5-6858. Transport Canadá.

LAVE, C. (1992). **Effect of the 65 MPH speed limit on highway safety in the USA**. Transport Reviews, Vol 12, n° 1, pp. 11-13.

LAVE, C. e ELIAS, P. (1994). **Did the 65 mph Speed Limit Save Live?** Accident Analysis and Prevention, v.26, n.1, p.49-62.

NEWSTEAD, S. E MULLAN, N. (1996). **Evaluation of the crash effects of the changes in speed zones in Victoria during 1993-1994**. Vicroads, Austrália.

O'DAY, J. e FLORA, J. (1982). **Alternative Measures of Restraint System Effectiveness: Interaction with Crash Severity Factors**. SAE Technical Paper Series N° 820798. Warrendale, Pa.

PARKER, M. R., Jr. (1997). **Effects of Raising and Lowering Speed Limits on Selected Roadway Sections**. FHWA-RD-92-084. Martin R. Parker & Associates, Inc., Wayne, Mich, Jan., 175 pp.

PLINE, J. L. (1992). Institute of Transportation Engineers. **Traffic Engineering Handbook**, 4° ed.

RAGHAVAN, PARKER, HARKEY, THARPE e SUMMER (2006). **Expert System for Recommending Speed Limits in Speed Zones**. National Cooperative Highway Research Program. p. 312.

ROCK, S. M. (1995). **Impact of the 65 mph Speed Limit on Accidents, Deaths, and Injuries in Illinois**. Accident Analysis and Prevention, v.27, n.2, p.207-214.

RTI. (1970) **Speed and Accidents**, Vol. II. Final Report, Summary and Conclusions, Maio.

SOLOMON, D. (1964). **Crashes on main rural highways related to speed, driver and vehicle**. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

SPLZ, S. (1984). **Speed Vs Speed Limits in California Cities**. ITE Journal, Vol. 54, No. 4.

STUSTER, J. e COFFMAN, Z. (1998). **Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Limits**. FHWA-RD-98-154 Federal Highway Administration (www.tfhrc.gov/safety/speed/speed.htm and www.tfhrc.gov/safety/seep/speed.htm).

TRB (2003). NCHRP Report 504: **Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices**. Transportation Research Board, National Academy Press. Washington DC, 92p.

TRB (1998). Special Report 254: **Managing Speed – Review of current practice for setting and enforcing speed limits**. Transportation Research Board, National Academy Press. Washington DC, 427p.

TSU, B. (2003). **O Estabelecimento de Limites legais de Velocidade em Rodovias de Pista Simples**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

VERNON D. D., COOK L. J., PETER S. J., e DEAN J. M. (2004). **Effect of repeal of the National Maximum Speed Limit law on occurrence of crashes, injury crashes, and fatal crashes on Utah highways**. Accident Analysis and Prevention, Vol 36, n°2, pp. 223-229.

VIEIRA, H. (1999). **Avaliação de Medidas de Contenção de Acidentes: Uma Abordagem Multidisciplinar**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

WARREN, D. L. (1982). **Speed Zoning and Control, Synthesis of Safety Research Related**

to Traffic Control and Roadway Elements vol.2, Federal Highway Administration,
Washington D. C.

6. ANEXOS

ANEXOS

O presente estudo reúne anexos referentes aos dados de velocidade operacional dos trechos de rodovias estudados e também aos resultados do método aplicado no decorrer do trabalho. Os anexos encontram-se divididos em X grupos distintos formados por:

- A.** Velocidades operacionais para os trechos do estudo
- B.** Tabelas de cálculo dos limites de velocidade de 5 trechos estudados, divididos em 5 grupos:
 - 1. Trecho 116BRS3110
 - 2. Trecho 386BRS0240
 - 3. Trecho 030ERS0090
 - 4. Trecho 130ERS0110
 - 5. Trecho 040ERS0050
- C.** Gráficos dos limites de velocidade de 5 trechos estudados.
- D.** Velocidades de advertência de 5 trechos estudados.

ANEXO A

Tabela 34 - Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	180	70	40
80	60	80	20
70	120	70	140
80	80	80	20
70	120	70	140
80	80	80	100
70	160	70	120
80	120	80	60
90	80	70	120
80	180	80	40
90	60	90	140
80	40	80	200
70	120	90	20
60	120	80	100
70	100	70	140
60	120	60	140
70	140	70	80
80	80	60	120
90	40	70	120
80	120	80	20
90	80	90	80
80	80	80	140
90	60	90	120
80	140	80	220
90	60	90	100
80	100	80	120
90	220	90	100
80	20	80	100
70	40	70	80
60	80	60	60
70	200	70	20
80	100	80	220
90	40	90	40
80	160	80	100
70	140	70	60
80	40	80	60
70	100	70	120
80	220	80	20
70	40	70	140
80	260	80	220
70	100	70	60
80	60	80	220
70	300	70	120
60	20	80	40
50	120	70	160
60	100	60	80
70	80	70	80

Tabela 33 - Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
80	40	60	40
70	100	50	120
80	40	60	100
70	100	70	20
80	100	80	100
90	80	70	220
80	20	80	40
70	120	90	80
80	160	80	100
90	80	70	120
80	160	80	20
70	20	70	80
60	60	80	20
70	80	90	60
80	40	80	160
70	20	70	60
60	40	60	80
70	80	70	20
80	100	80	80
90	60	70	100
80	200	80	20
90	20	90	140
80	100	80	220
90	120	90	60
80	100	80	100
90	300	90	100
80	160	80	120
90	200	90	240
80	280	80	160
90	80	90	240
80	180	80	80
90	60	90	40
80	140	80	140
70	40	90	100
60	60	80	340
70	80	70	80
80	100	60	60
90	40	70	40
80	40	80	20
70	20	90	60
60	140	80	100
70	80	70	80
80	120	60	140
70	60	70	20
80	60	80	300
70	40	70	60
80	20	60	60
70	20	50	40
60	40	40	40
50	40	50	20

Tabela 33 - Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
40	40	60	20
50	40	70	40
60	40	80	40
70	180	70	140
80	120	80	20
90	220	90	240
80	140	80	200
90	20	70	80
80	60	60	60
70	20	50	40
60	20	60	20
50	40	70	200
60	40	60	80
70	200	70	20
60	60	80	100
70	80	70	180
80	280	80	20
70	260	70	280
80	220	80	200
90	80	90	20
80	80	80	360
90	200	70	160
80	20	60	180
70	40	70	20
80	60	80	120
70	20	70	80
60	180	80	80
70	60	70	100
80	80	80	120
70	80	70	80
80	120	60	160
70	80	70	40
80	100	60	20
70	60	70	120
80	20	60	80
70	20	50	40
60	160	40	40
70	100	30	20
80	20	40	20
70	60	50	20
60	60	60	20
50	40	50	60
40	40	60	20
30	20	70	100
40	20	80	80
50	20	70	60
60	120	60	140
70	60	70	140
80	140	80	140
70	80	70	100

Tabela 33 - Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	80	80	20
70	180	90	60
80	280	80	320
90	20	70	80
80	320	60	40
90	40	50	40
80	20	40	20
70	40	50	20
60	20	60	20
50	80	70	20
60	80	60	60
70	60	70	20
80	120	80	40
90	40	90	100
80	380	80	420
90	300	90	300
80	60	80	120
90	20	70	180
80	20	80	40
70	100	70	80
80	40	80	20
70	60	90	60
80	60	80	100
70	60	90	80
80	160	80	120
90	100	70	60
80	120	80	20
70	40	90	40
80	140	80	80
90	100	90	40
80	120	80	120
70	20	70	80
60	40	60	40
70	80	70	20
80	100	80	120
90	40	90	60
80	100	80	320
90	20	70	200
80	220	60	40
70	260	70	20
80	100	80	60
70	20	70	80
60	40	60	60
70	80	70	40
80	340	80	20
90	160	90	80
80	140	80	240
70	100	90	120
80	100	80	100
90	720	70	20

Tabela 33 - Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3110 (cont.)

Velocidade > (km/h)	Extensão (m)	Velocidade < (km/h)	Extensão (m)
80	20	80	100
70	40	70	100
60	20	80	20
		90	660
		80	100
		70	60
		60	60

Tabela 35 – Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3080

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	80	60	20
70	100	70	40
80	100	80	20
70	260	90	100
80	360	80	100
90	220	70	240
80	220	80	20
70	180	90	120
80	80	80	140
70	220	70	20
80	240	80	20
90	40	90	200
80	60	80	100
90	60	70	120
80	100	80	20
70	140	70	220
80	100	80	60
90	120	70	220
80	20	80	40
70	120	90	40
80	320	80	180
90	20	90	60
80	20	80	140
70	100	70	160
80	100	80	60
90	20	90	100
80	140	80	100
70	40	70	120
60	160	80	40
70	100	90	80
80	240	80	260
90	80	70	100
80	40	80	20
70	120	90	60
80	20	80	140
70	180	70	80
80	200	60	160

Tabela 34 – Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3080 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
90	100	70	40
80	20	80	240
70	160	90	80
80	140	80	100
70	100	70	120
80	100	80	20
90	40	70	140
80	180	80	40
90	20	90	80
80	140	80	100
70	40	90	40
60	40	80	100
70	80	70	140
80	100	80	140
90	120	70	100
80	40	80	40
70	220	90	100
80	100	80	260
70	60	70	140
80	120	60	40
70	20	70	40
60	180	80	20
70	220	90	160
80	420	80	100
90	220	70	260
80	200	80	100
90	360	70	60
80	120	80	40
90	260	70	80
80	120	60	160
90	120	70	180
80	160	80	40
90	120	90	80
80	260	80	300
90	160	90	240
80	180	80	160
90	20	90	400
80	360	80	120
90	260	90	240
80	140	80	160
70	80	90	120
80	120	80	160
90	640	90	100
80	120	80	280
90	160	90	140
80	240	80	180
90	20	90	60
80	20	80	340
70	360	90	220
80	100	80	220

Tabela 34 – Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3080 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)		Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	
			Extensão (m)	
90	180		70	20
80	20		80	80
70	100		90	740
80	20		80	100
70	80		90	140
80	140		80	320
90	100		70	320
80	60		80	280
90	100		70	80
80	220		60	20
90	60		70	20
80	60		80	20
70	20		70	80
80	60		80	40
70	20		70	40
60	200		80	60
70	60		90	120
80	380		80	80
90	80		90	60
80	20		80	340
70	40		70	140
60	80		60	180
70	120		70	20
60	80		80	40
70	60		90	20
80	100		80	420
90	60		70	60
80	20		60	120
70	20		70	100
60	40		60	100
70	80		70	20
60	120		80	160
70	60		70	80
60	40		60	40
70	280		70	80
80	60		60	120
70	40		70	40
80	180		60	60
90	240		70	180
80	500		80	120
70	80		70	60
80	60		80	180
70	60		90	220
80	20		80	280
70	160		70	100
60	40		80	280
70	280		70	80
80	200		80	20
70	220		70	160
80	220		60	40

Tabela 34 – Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3080 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	200	70	160
80	20	80	300
70	40	70	140
60	100	80	20
70	80	90	40
60	40	80	240
70	80	70	60
80	120	80	60
70	40	70	140
60	20	60	80
50	60	70	40
60	100	80	20
70	60	70	60
80	120	60	40
90	20	70	20
80	20	80	120
70	40	70	80
80	60	60	40
70	20	50	40
60	140	60	20
70	80	70	120
80	100	80	20
90	20	90	80
80	20	80	100
70	200	70	100
80	100	60	140
90	60	70	40
80	20	80	20
70	80	90	80
80	100	80	100
70	180	70	200
80	20	80	20
70	120	90	20
60	40	80	120
70	160	70	100
80	320	80	60
70	140	70	420
80	100	80	20
70	20	70	120
60	80	80	20
70	240	90	60
80	40	80	220
70	80	70	100
80	120	80	80
90	180	70	80
80	20	60	80
70	220	70	20
80	20	80	40
70	140	70	180
60	80	80	60

Tabela 34 – Velocidade operacional efetiva do trecho 116BRS3080 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	80	70	80
80	60	80	20
70	140	90	180
80	140	80	100
90	200	70	120
80	180	80	20
90	180	70	80
80	120	80	40
90	60	70	120
80	20	60	80
70	140	70	20
80	80	80	120
70	140	70	100
80	120	80	140
90	200	90	220
80	20	80	140
70	300	90	360
80	40	80	100
70	260	70	120
80	160	80	80
90	20	70	140
80	240	80	20
70	80	90	220
80	240	80	100
90	60	70	260
80	240	80	100
90	60	70	220
80	1000	80	20
70	20	90	140
60	20	80	560
50	40	90	40
40	40	80	300
30	20	90	20
20	40	80	260
		90	60
		80	220
		90	20
		80	280
		90	20
		80	120
		70	80
		60	40
		50	40
		40	40
		30	20
		20	40

Tabela 36 – Velocidade operacional efetiva do trecho 386BRS0240

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	60	70	20
80	80	80	180
90	120	90	80
80	60	80	260
90	80	90	1440
80	120	80	80
90	1440	90	2600
80	80	80	300
90	180	90	80
80	240	80	200
90	1060	90	1600
80	180	80	340
90	960	90	80
80	300	80	200
90	80	90	180
80	180	80	160
90	1600	90	200
80	340	80	100
90	240	90	620
80	40	80	220
90	120	90	1840
80	60	80	320
90	1120	90	80
80	200	80	220
90	760	90	120
80	340	80	120
90	1120	90	60
80	220	80	280
90	140	90	180
80	100	80	600
90	100	90	20
80	260	80	200
90	240	90	980
80	740	80	220
90	1260	90	20
80	320	80	340
90	120	90	360
80	160	80	100
90	80	90	720
80	100	80	60
90	100	90	140
80	140	80	200
90	460	90	100
80	80	80	200
90	120	90	80
80	40	80	220

Tabela 35 – Velocidade operacional efetiva do trecho 386BRS0240 (cont.)

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
90	280	90	80
80	180	80	240
90	80	90	60
80	220	80	180
90	80	90	80
80	240	80	180
90	80	90	80
80	160	80	60
90	100	90	240
80	20	80	100
90	220	90	100
80	200	80	360
90	40	90	640
80	60	80	240
90	1200	90	180
80	260	80	160
90	180	90	60
80	140	80	60
90	60	90	100
80	60	80	240
90	120	90	100
80	220	80	140
90	100	90	360
80	140	80	120
90	400	90	20
80	120	80	220
90	40	90	20
80	200	80	240
90	40	90	140
80	220	80	220
90	160	90	80
80	200	80	120
90	40	90	180
80	120	80	200
90	200	90	120
80	200	80	940
90	160	90	100
80	920	80	620
90	80	90	40
80	140	80	120
90	40	90	400
80	460	80	280
90	20	90	2840
80	120	80	320
90	2520	90	3880
80	320	80	60
90	660	90	20
80	320	80	100
90	3880	70	60
80	120	60	40

Tabela 35 – Velocidade operacional efetiva do trecho 386BRS0240 (cont.)

Velocidade > (km/h)	Extensão (m)	Velocidade < (km/h)	Extensão (m)
90	80		
80	40		
70	20		
60	20		

Tabela 37 - Velocidade operacional efetiva do trecho 030ERS0090

Velocidade > (km/h)	Extensão (m)	Velocidade < (km/h)	Extensão (m)
70	80	70	40
80	100	80	20
90	180	90	140
80	160	80	80
90	220	90	80
80	160	80	160
90	220	90	180
80	40	80	200
90	640	90	220
80	160	80	60
90	80	90	620
80	120	80	140
90	80	90	100
80	100	80	140
90	260	90	40
80	120	80	120
90	3000	90	120
80	180	80	240
90	120	90	8440
80	180	80	80
90	4960	90	620
80	120	80	120
90	860	90	200
80	140	80	220
90	360	90	9420
80	80	80	120
90	9100	90	1100
80	100	80	260
90	1540	90	160
80	220	80	180
90	1900	90	1920
80	160	80	200
90	380	90	40
80	100	80	180
90	240	90	180
80	120	80	100
90	160	90	40
80	40	80	100
70	40	90	80
60	20	80	120
		90	60

Tabela 36 - Velocidade operacional efetiva do trecho 030ERS0090 (cont.)

Velocidade > (km/h)	Extensão (m)	Velocidade < (km/h)	Extensão (m)
		80	100
		70	60
		60	60

Tabela 38 - Velocidade operacional efetiva do trecho 130ERS0110

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	60	70	20
80	80	80	40
90	4360	90	4720
80	160	80	200
90	13940	90	13560
80	40	80	100
70	60	70	40
		80	20
		70	20

Tabela 39 - Velocidade operacional efetiva do trecho 040ERS0050

Velocidade op. (ida) (km/h)	Extensão (m)	Velocidade op. (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	180	70	20
80	80	80	60
90	35440	70	60
80	40	80	40
70	20	90	35420
60	20	80	100
		70	60
		60	40

ANEXO B1

Tabela 40 - Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	480	70	20
80	820	80	1260
70	460	70	480
80	520	80	540
70	1260	70	1260
60	160	60	140
70	1480	70	2020
80	520	60	40
70	20	70	880
60	40	60	120
70	880	70	200
60	140	80	2720
70	220	90	640
80	3660	80	280
90	740	90	820
80	540	80	520
70	800	70	800
80	140	80	780
90	560	70	220
80	140	60	60
70	140	70	20
60	60	80	500
70	60	70	60
80	520	60	900
70	20	70	360
60	80	80	1080
70	1160	70	1440
80	1160	60	520
70	1380	50	20
60	480	60	580
50	60	70	20
60	580	80	600
70	60	70	1280
80	720	60	60
70	1100	70	180
60	60	80	520
70	1080	70	380
60	60	60	60
70	280	70	240
80	920	80	1180
70	1260	70	700
80	2140	80	2420

Tabela 39- Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade (cont.)

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	20	70	80
60	20	60	40
50	40	50	40
40	40	40	20
30	20	30	40
20	40	20	20

Tabela 41 - Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
70	480	70	20
80	10180	80	2280
90	2780	70	4660
80	13520	80	2720
70	20	90	1740
60	20	80	15500
50	40	70	80
40	40	60	40
30	20	50	40
20	40	40	20
		30	40
		20	20

Tabela 42 - Velocidades do trecho 116BRS3080 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	480	70	6960
80	26480	80	19960
70	20	70	80
60	20	60	40
50	40	50	40
40	40	40	20
30	20	30	40
20	40	20	20

Tabela 43 - Limite de velocidade para os dois sentidos de tráfego

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	520	70	6980
80	26480	80	19960
20	180	20	240

Tabela 44 - Limite de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	520	70	6980
80	26080	80	19560
70	80	70	80
60	80	60	80
50	80	50	80
40	80	40	80
30	80	30	80
20	180	20	240

Tabela 45 - Limite de velocidade para o trecho 116BRS3080

Limite de Velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	520
70	6460
80	19560
70	80
60	80
50	80
40	80
30	80
20	240

ANEXO B2

Tabela 46 - Velocidades do trecho 386BRS0240 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	60	70	20
80	460	80	520
90	1440	90	1440
80	500	80	80
90	1060	90	2600
80	180	80	580
90	960	90	1600
80	560	80	1260
90	1600	90	620
80	800	80	220
90	1120	90	1840
80	200	80	2200
90	760	90	980
80	340	80	1040
90	1120	90	720
80	1800	80	2760
90	1260	90	640
80	3680	80	5820
90	1200	90	2840
80	5160	80	320
90	2520	90	3880
80	320	80	180
90	660	70	60
80	320	60	40
90	3880		
80	240		
70	20		
60	20		

Tabela 47 - Velocidades do trecho 386BRS0240 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	60	70	20
80	460	80	520
90	13700	90	18580
80	3680	80	5820
90	1200	90	7040
80	5160	80	180
90	7700	70	60
80	240	60	40
70	20		
60	20		

Tabela 48 - Velocidades do trecho 386BRS0240 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	60	70	20
80	460	80	520
90	13700	90	18580
80	10040	80	5820
90	7700	90	7040
80	240	80	180
70	20	70	60
60	20	60	40

Tabela 49 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	560	90	19140
90	13700	80	5820
80	10040	90	7040
90	7700	60	280
60	280		

Tabela 50 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	560	90	19140
90	13700	80	5820
80	10040	90	6880
90	7540	80	80
80	80	70	80
70	80	60	280
60	280		

Tabela 51 - Limite de velocidade para o trecho 386BRS0240

Limite de Velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	560
90	13700
80	10700
90	6880
80	80
70	80
60	280

ANEXO B3

Tabela 52 - Velocidades do trecho 030ERS0090 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	80	70	40
80	1080	80	1140
90	640	90	620
80	920	80	900
90	3000	90	8440
80	480	80	80
90	4960	90	620
80	120	80	540
90	860	90	9420
80	580	80	120
90	9100	90	1100
80	100	80	600
90	1540	90	1920
80	220	80	1200
90	1900	70	60
80	1200	60	60
70	40		
60	20		

Tabela 53 - Velocidades do trecho 030ERS0090 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	80	70	40
80	1080	80	1140
90	24420	90	24360
80	1200	80	1200
70	40	70	60
60	20	60	60

Tabela 54 - Velocidades do trecho 030ERS0090 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	80	70	40
80	1080	80	1140
90	24420	90	24360
80	1200	80	1200
70	40	70	60
60	20	60	60

Tabela 55 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	1200	90	25560
90	24420	60	1320
60	1260		

Tabela 56 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	560	90	25400
90	24260	80	80
80	80	70	80
70	80	60	1320
60	1260		

Tabela 57 - Limite de velocidade para o trecho 030ERS0090

Limite de Velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	1200
90	24200
80	80
70	80
60	1320

ANEXO B4

Tabela 58 - Velocidades do trecho 130ERS0110 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	60	70	20
80	80	80	40
90	4360	90	4720
80	160	80	200
90	13940	90	13560
80	40	80	100
70	60	70	80

Tabela 59 - Velocidades do trecho 130ERS0110 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	60	70	20
80	80	80	40
90	18460	90	18480
80	40	80	100
70	60	70	80

Tabela 60 - Velocidades do trecho 130ERS0110 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	60	70	20
80	80	80	40
90	18460	90	18480
80	40	80	100
70	60	70	80

Tabela 61 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	180	70	80
90	18460	90	18480
70	100	70	180

Tabela 62 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	180	70	80
90	18380	90	18400
80	80	80	80
70	100	70	180

Tabela 63 - Limite de velocidade para o trecho 130ERS0110

Limite de Velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	180
90	18300
80	80
70	180

ANEXO B5

Tabela 64 - Velocidades do trecho 040ERS0050 após a alteração da velocidade de segmentos curtos com pico de velocidade

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	180	70	140
80	80	80	40
90	35440	90	35420
80	40	80	100
70	20	70	60
60	20	60	40

Tabela 65 - Velocidades do trecho 040ERS0050 após a alteração da velocidade de segmentos com vale de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	180	70	140
80	80	80	40
90	35440	90	35420
80	40	80	100
70	20	70	60
60	20	60	40

Tabela 66 - Velocidades do trecho 040ERS0050 após a alteração da velocidade de segmentos com pico de velocidade e extensão menor que 3000 m

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	40	60	20
70	180	70	140
80	80	80	40
90	35440	90	35420
80	40	80	100
70	20	70	60
60	20	60	40

Tabela 67 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	300	70	200
90	35440	90	35420
60	80	60	200

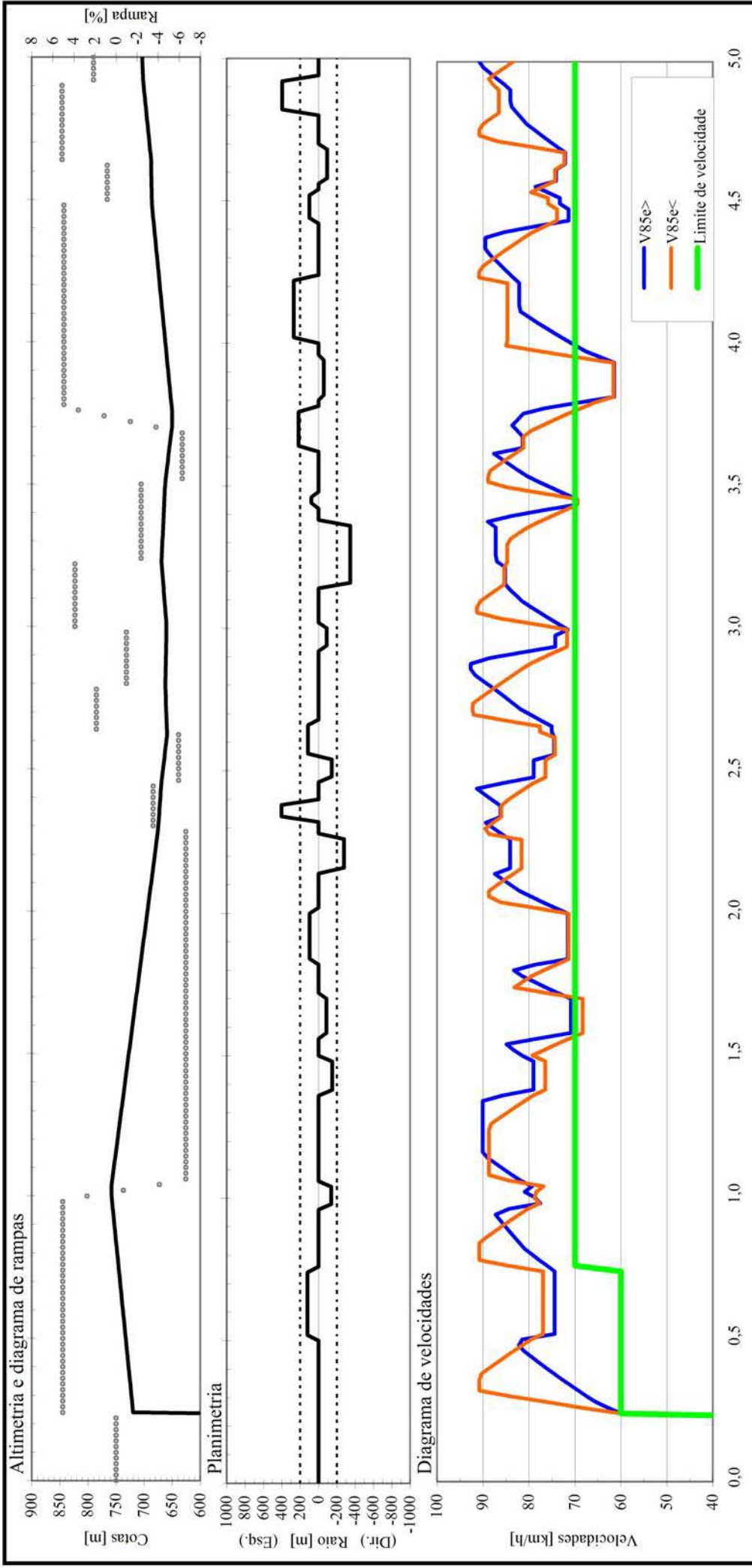
Tabela 68 - Limites de velocidade para os dois sentidos de tráfego após ajustes

Limite de Velocidade (ida) (km/h)	Extensão (m)	Limite de Velocidade (volta) (km/h)	Extensão (m)
60	300	60	200
90	35280	90	35260
80	80	80	80
70	80	70	80
60	80	60	200

Tabela 69 - Limite de velocidade para o trecho 040ERS0050

Limite de Velocidade (km/h)	Extensão (m)
60	300
90	35160
80	80
70	80
60	200

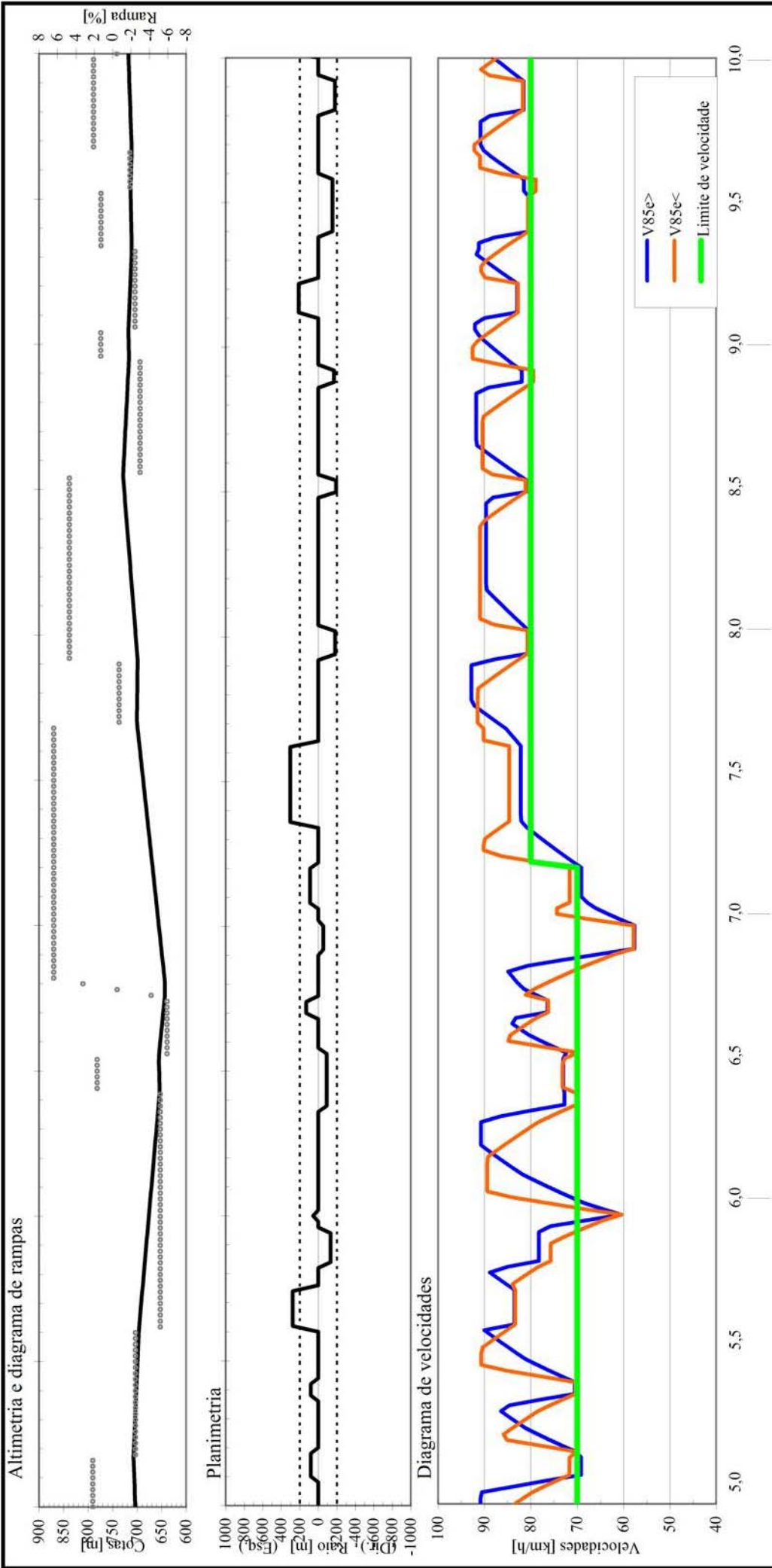
ANEXO C



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	116BRS3080
	São Marcos - Ana Rech
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 0+000 ao km 5+000
	Página
	01

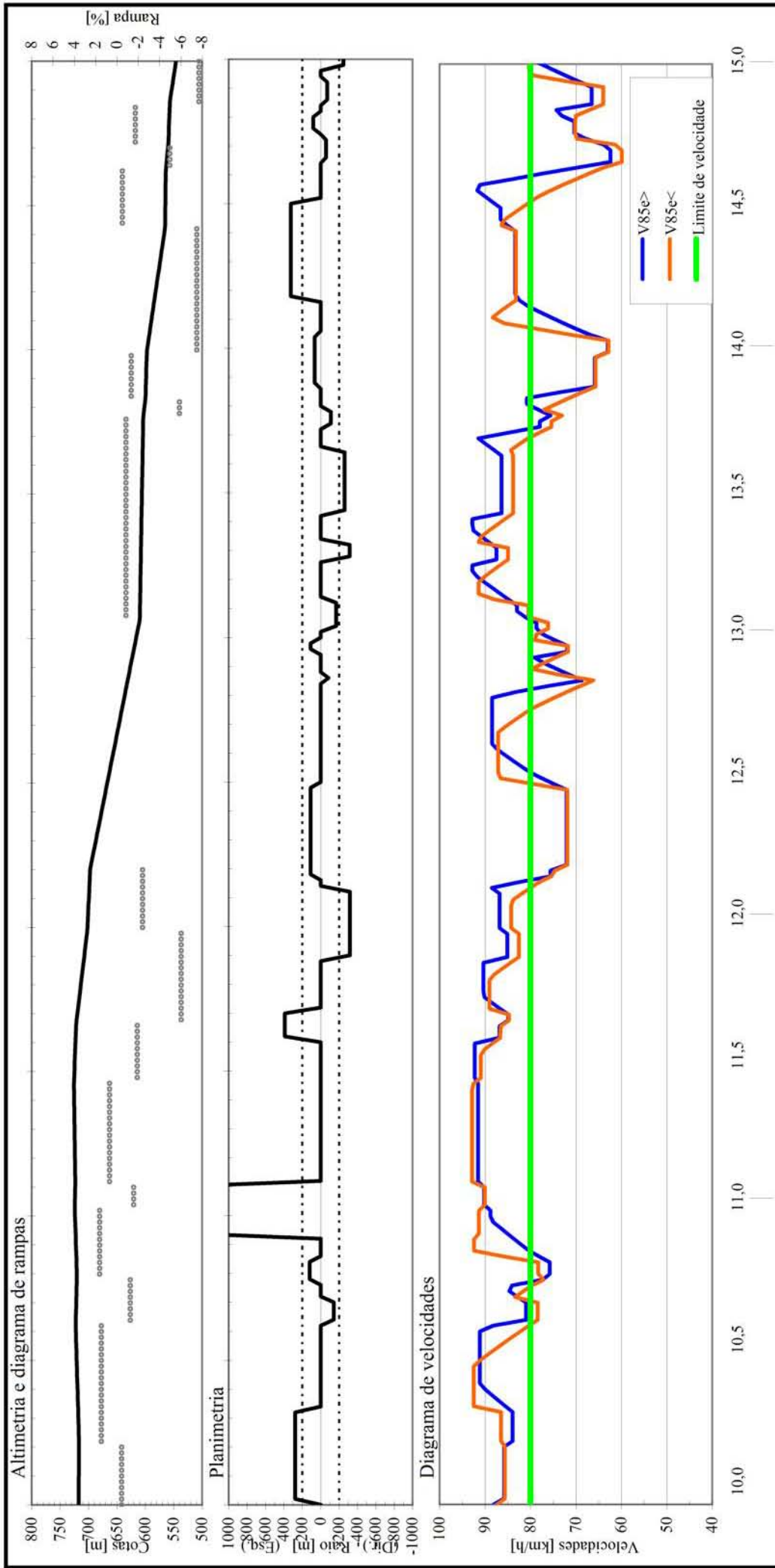
Figura 31 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 0+000 ao km 5+000



PPGEP		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
		116BRS3080	
		São Marcos - Ana Reeh	
Data:	jan/08	VELOCIDADE LIMITE BASICA	Página
		km 5+000 ao km 10+000	02

OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raso infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

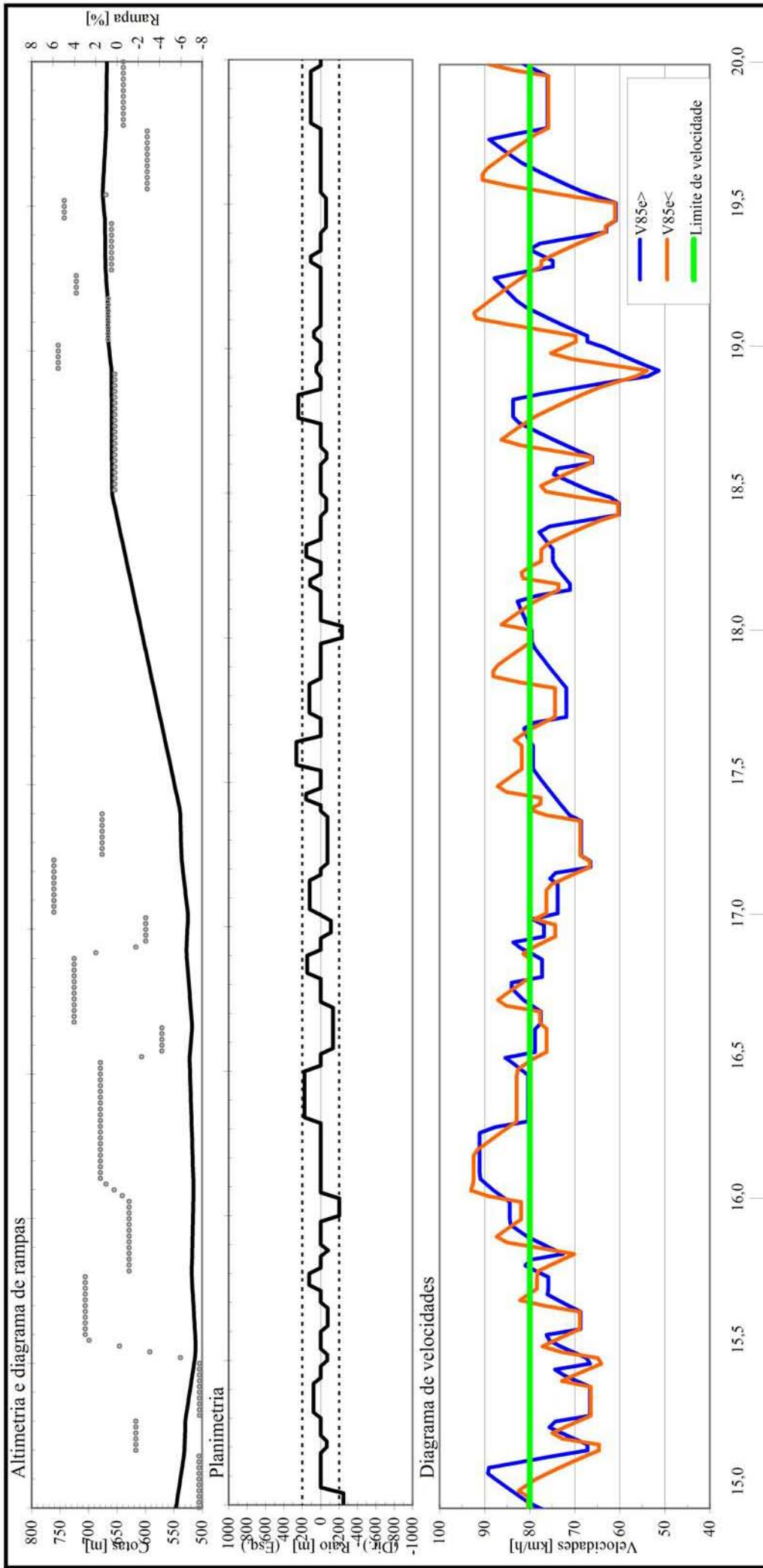
Figura 32 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 5+000 ao km 10+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V_{85e} : operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	116BRS3080
	São Marcos - Ana Rech
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 10+000 ao km 15+000
	Página
	03

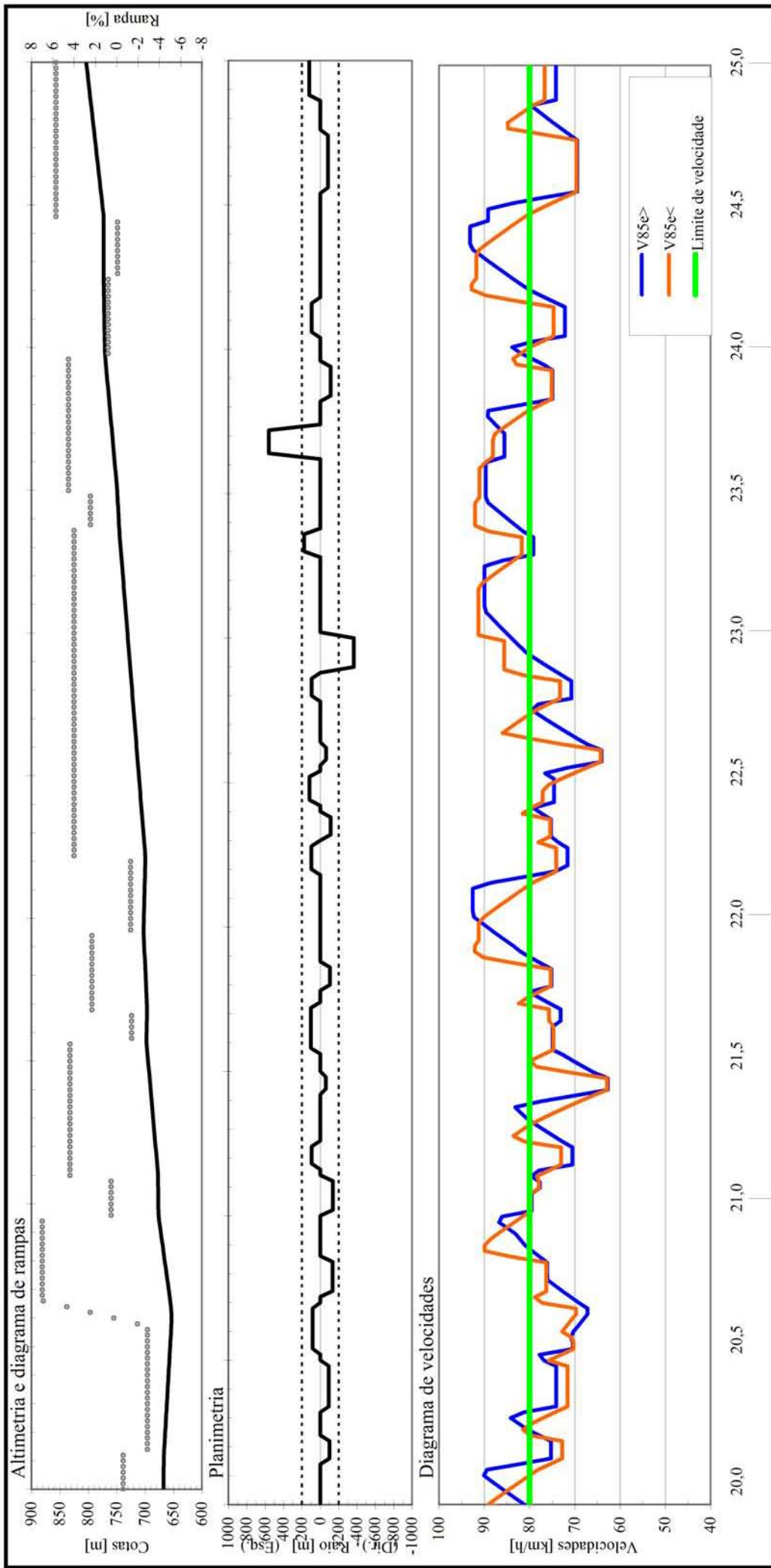
Figura 33 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 10+000 ao km 15+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	116BRS3080
	São Marcos - Ana Rech
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 15+000 ao km 20+000
	Página
	04

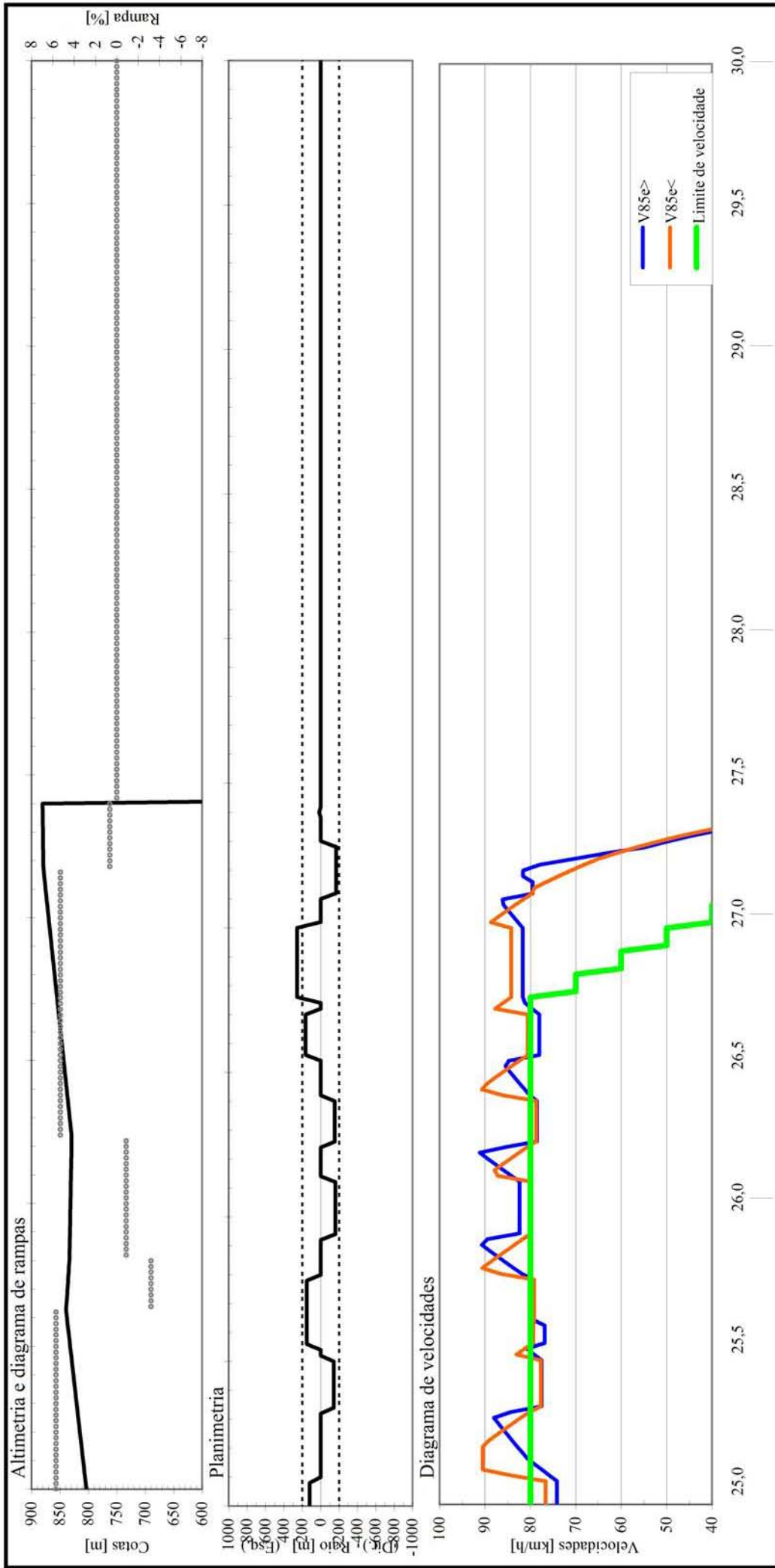
Figura 34 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 15+000 ao km 20+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	116BRS3080
	São Marcos - Ana Rech
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 20+000 ao km 25+000
	Página
	05

Figura 35 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 20+000 ao km 25+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	116BRS3080
	São Marcos - Ana Rech
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 25+000 ao km 30+000
	Página
	06

Figura 36 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 116BRS3080 do km 25+000 ao km 30+000

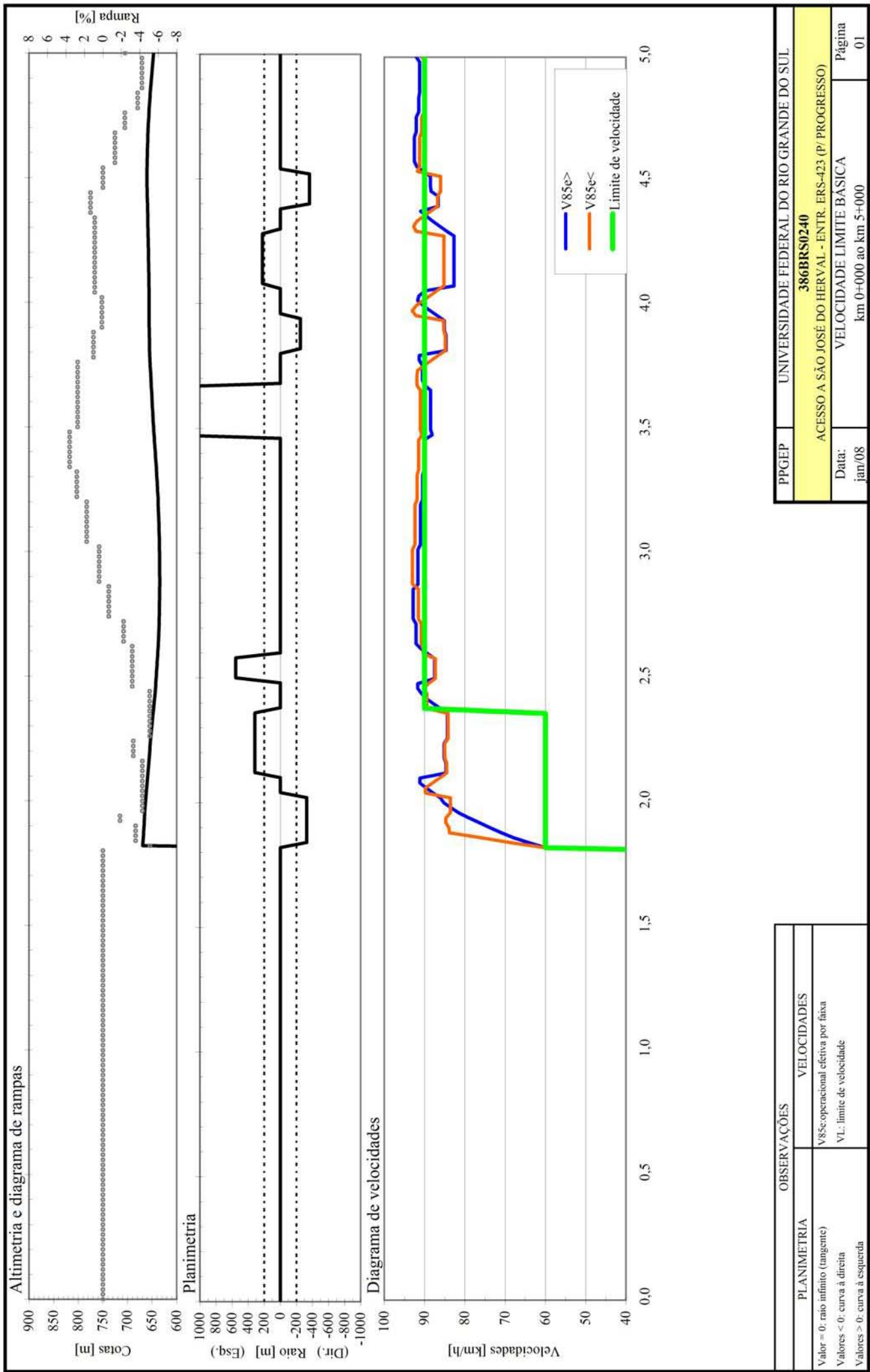


Figura 37 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 0+000 ao km 5+000

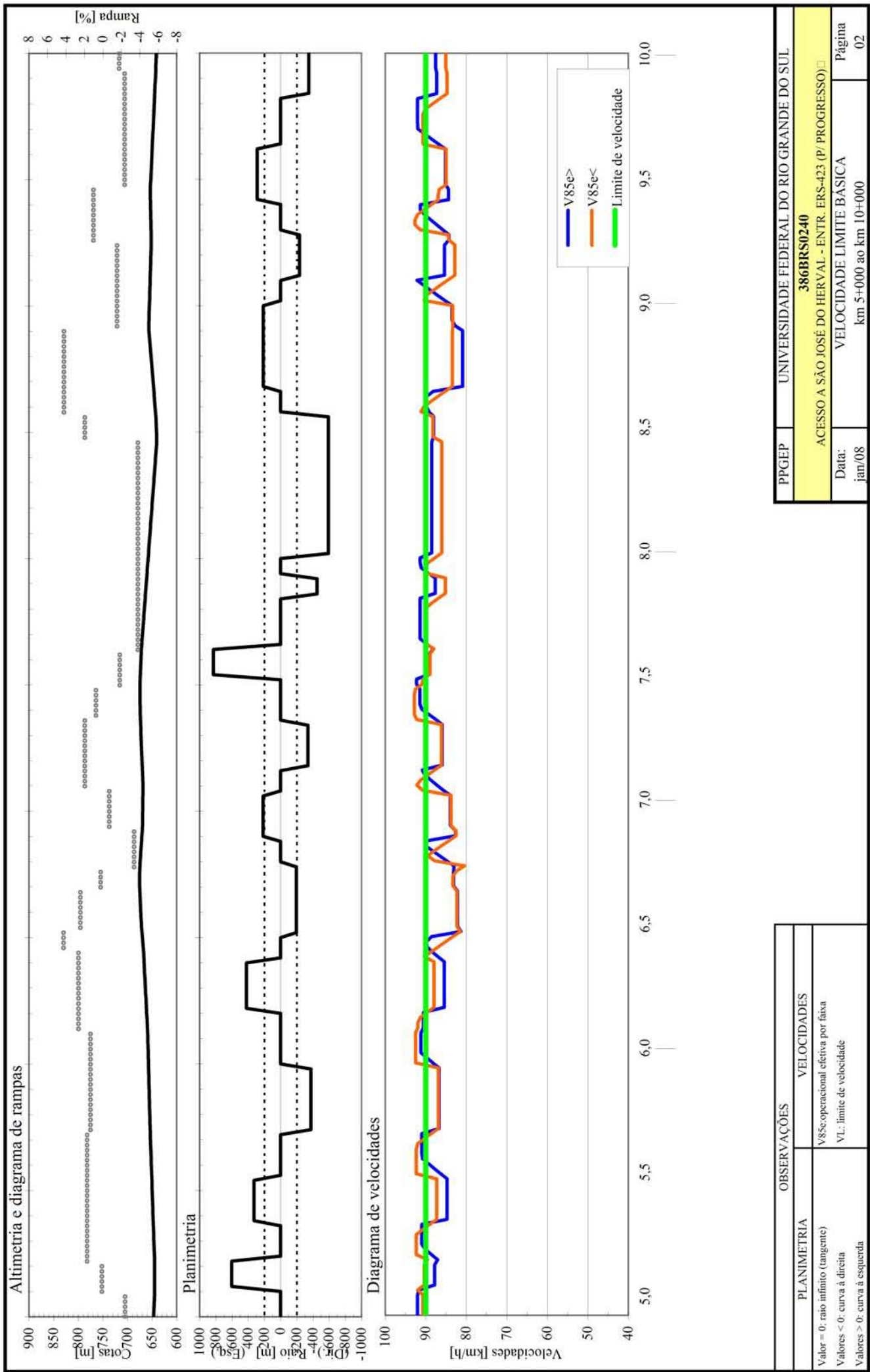
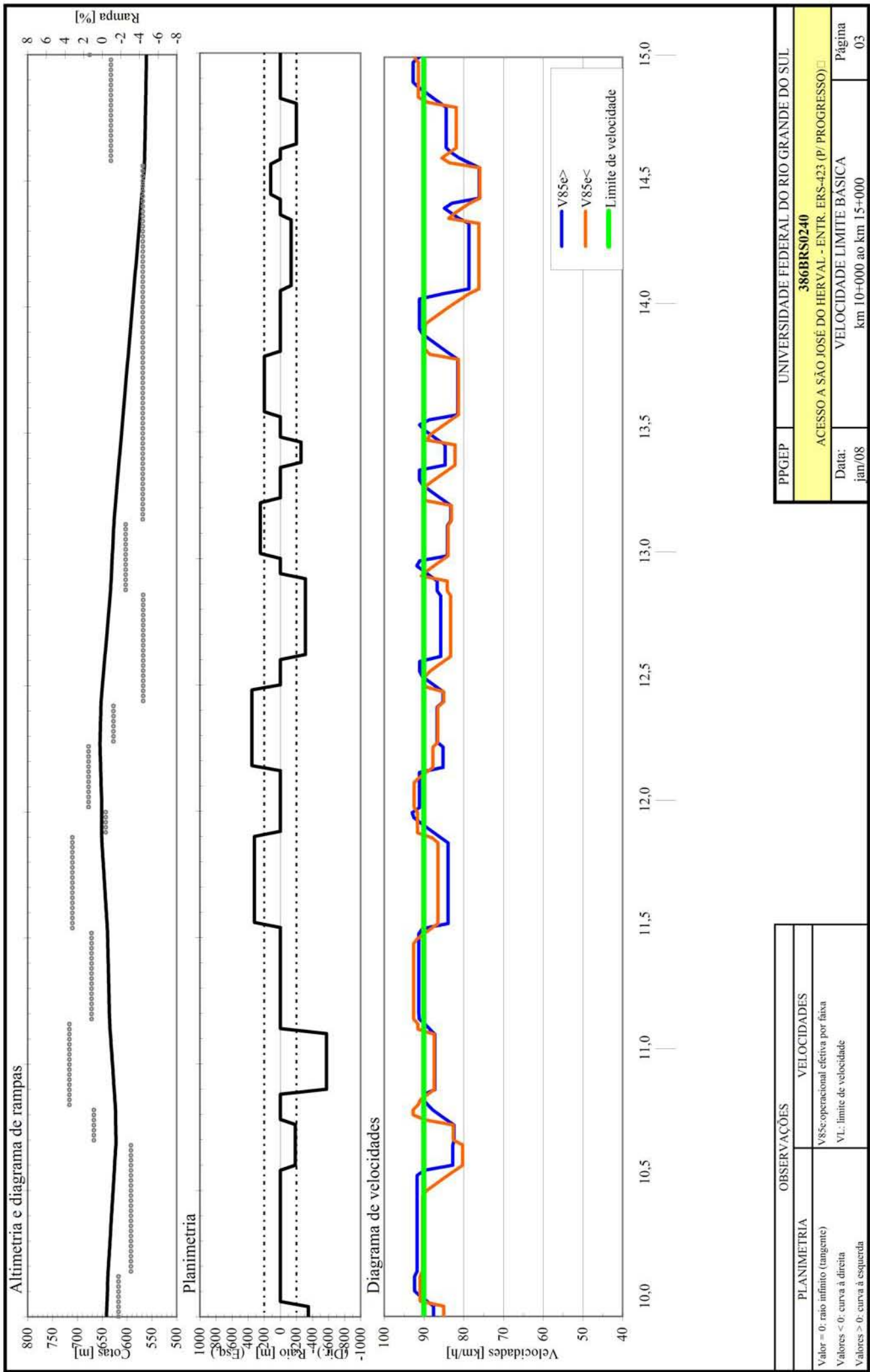


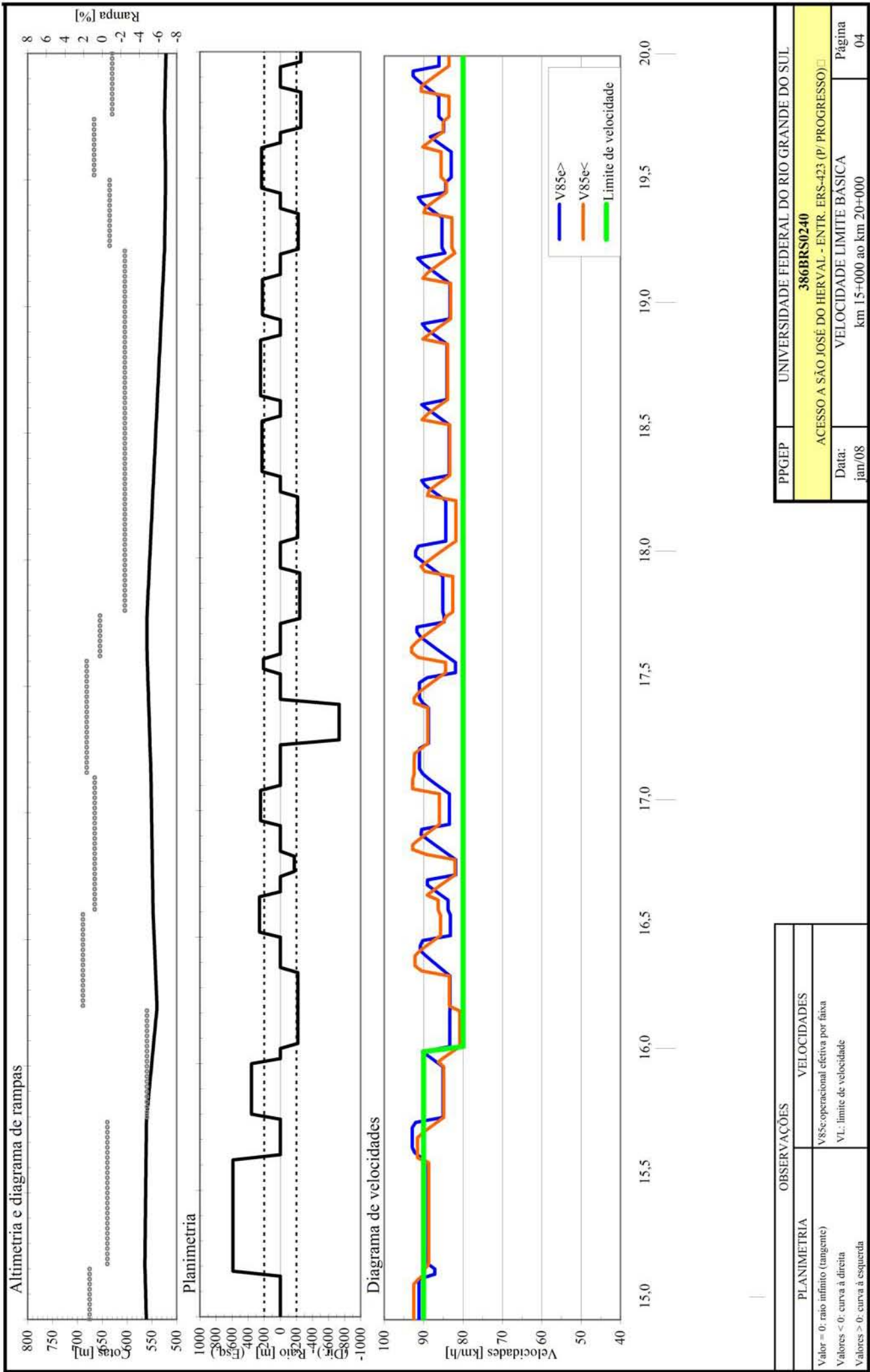
Figura 38 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 5+000 ao km 10+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	386BRS0240
	ACESSO A SÃO JOSÉ DO HERVAL - ENTR. ERS-423 (P/ PROGRESSO)
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 10+000 ao km 15+000
	Página
	03

Figura 39 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 10+000 ao km 15+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	386BR0240
	ACESSO A SÃO JOSÉ DO HERVAL - ENTR. ERS-423 (P/ PROGRESSO)
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 15+000 ao km 20+000
	Página
	04

Figura 40 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BR0240 do km 15+000 ao km 20+000

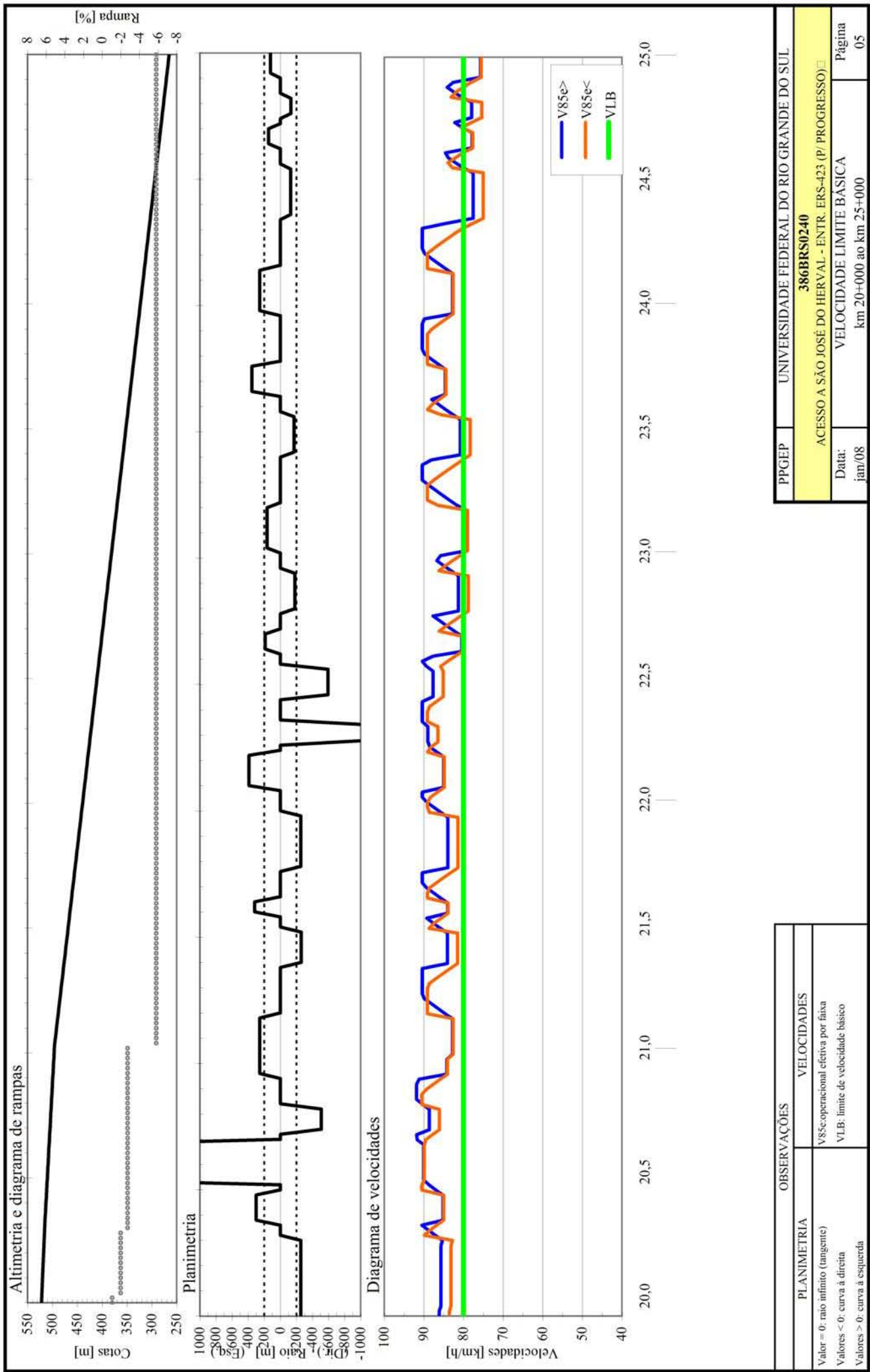
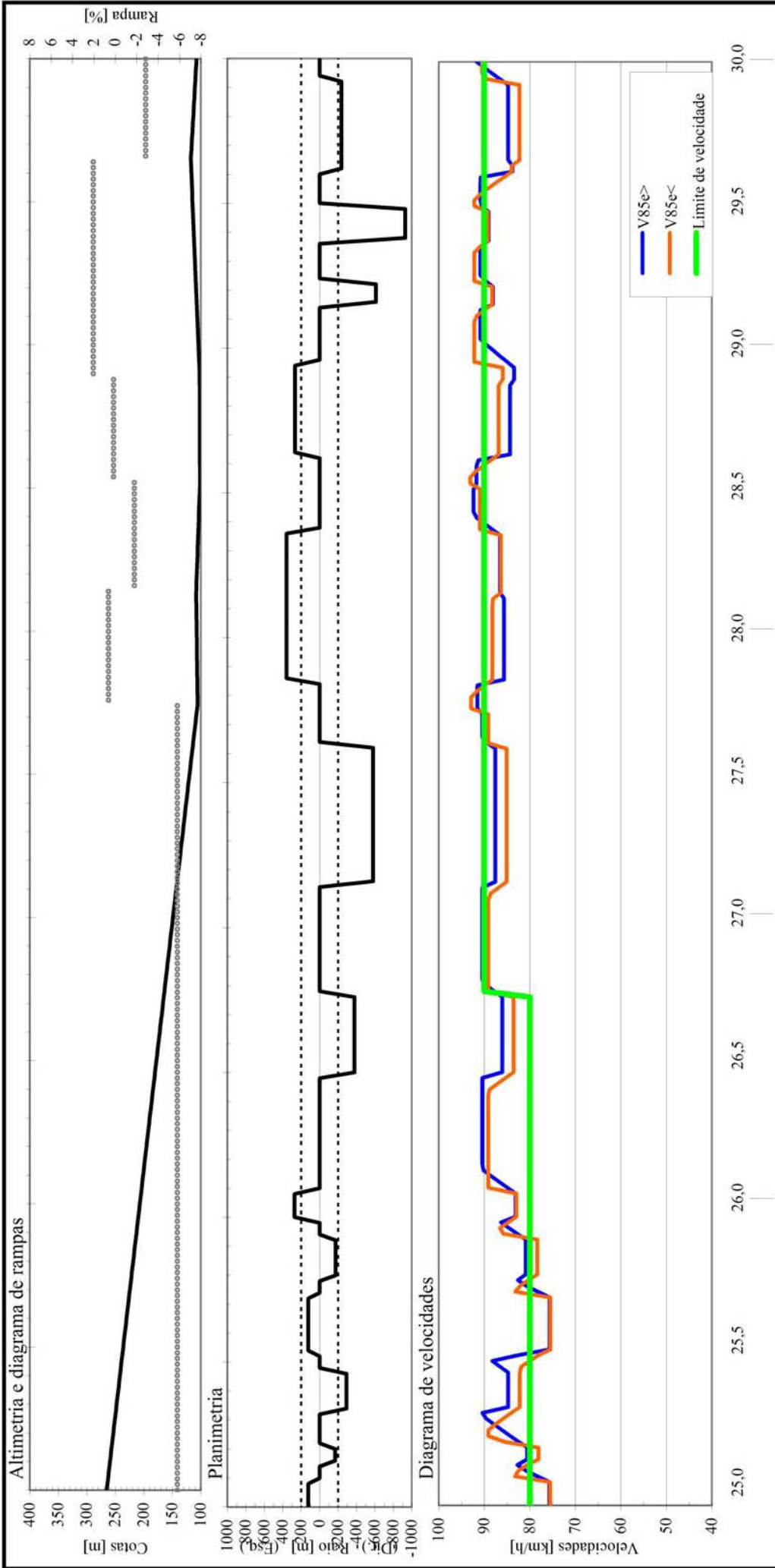


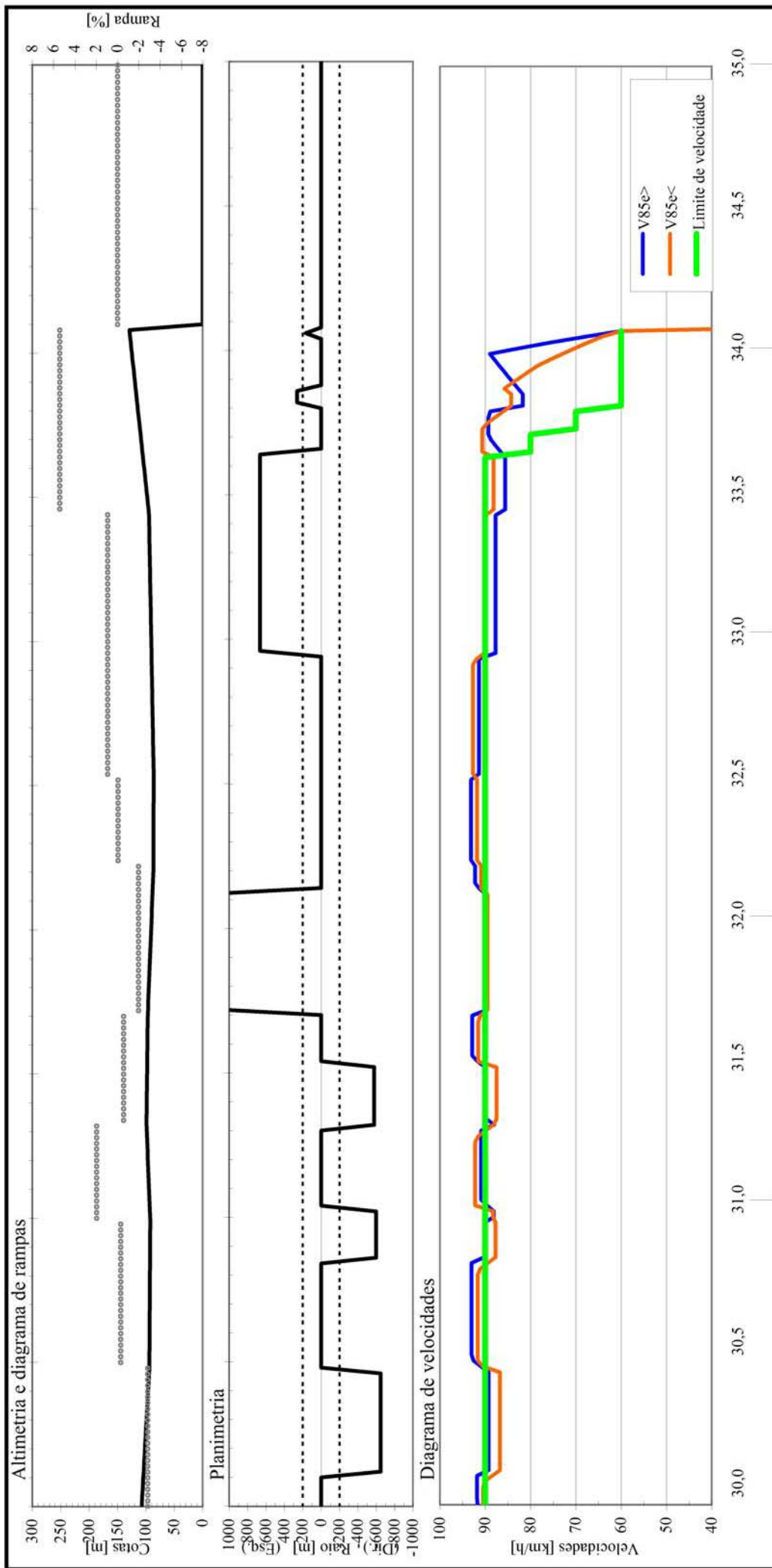
Figura 41 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 20+000 ao km 25+000



PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
386BRS0240	
ACESSO A SÃO JOSÉ DO HERVAL - ENTR. ERS-423 (P/ PROGRESSO) □	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 25+000 ao km 30+000
	Página 06

OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85c: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

Figura 42 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 25+000 ao km 30+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	386BRS0240
	ACESSO A SÃO JOSÉ DO HERVAL - ENTR. ERS-423 (P/ PROGRESSO) □
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 30+000 ao km 35+000
	Página 07

Figura 43 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 386BRS0240 do km 30+000 ao km 35+000

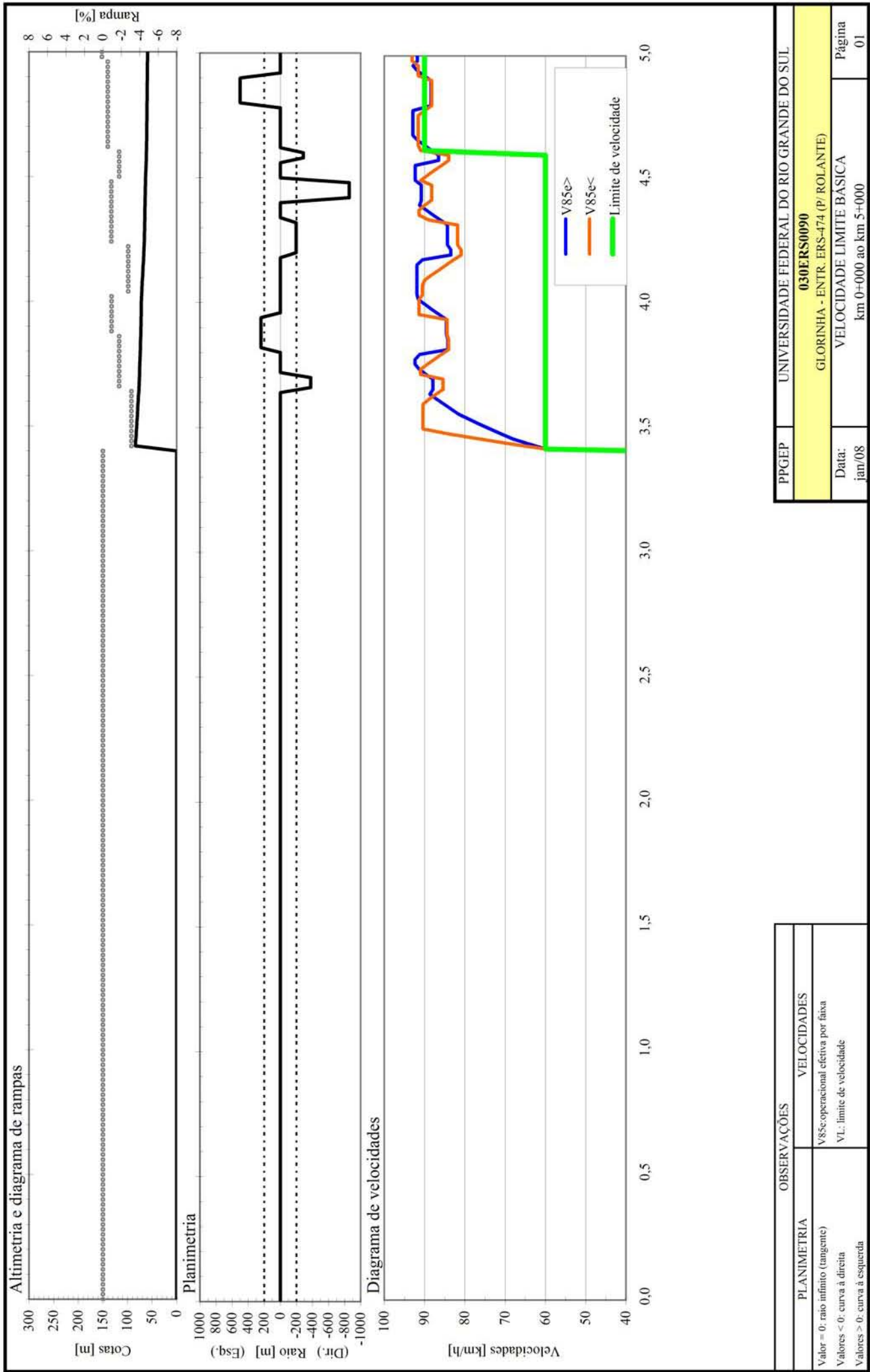
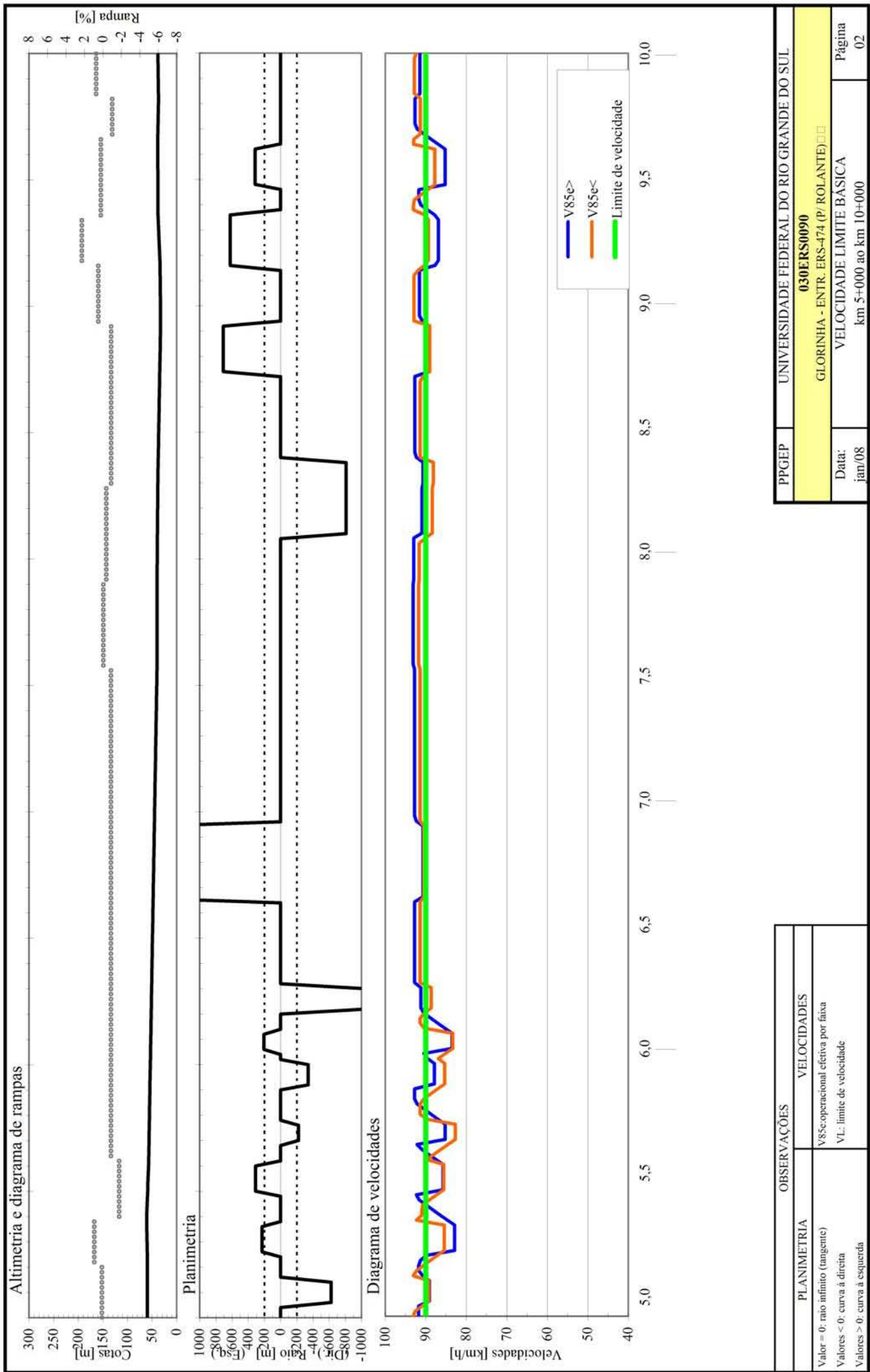


Figura 44 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 0+000 ao km 5+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	030ERS0090
	GLORINHA - ENTR. ERS-474 (P/ROLANTE) □□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 5+000 ao km 10+000
	Página
	02

Figura 45 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BRS0090 do km 5+000 ao km 10+000

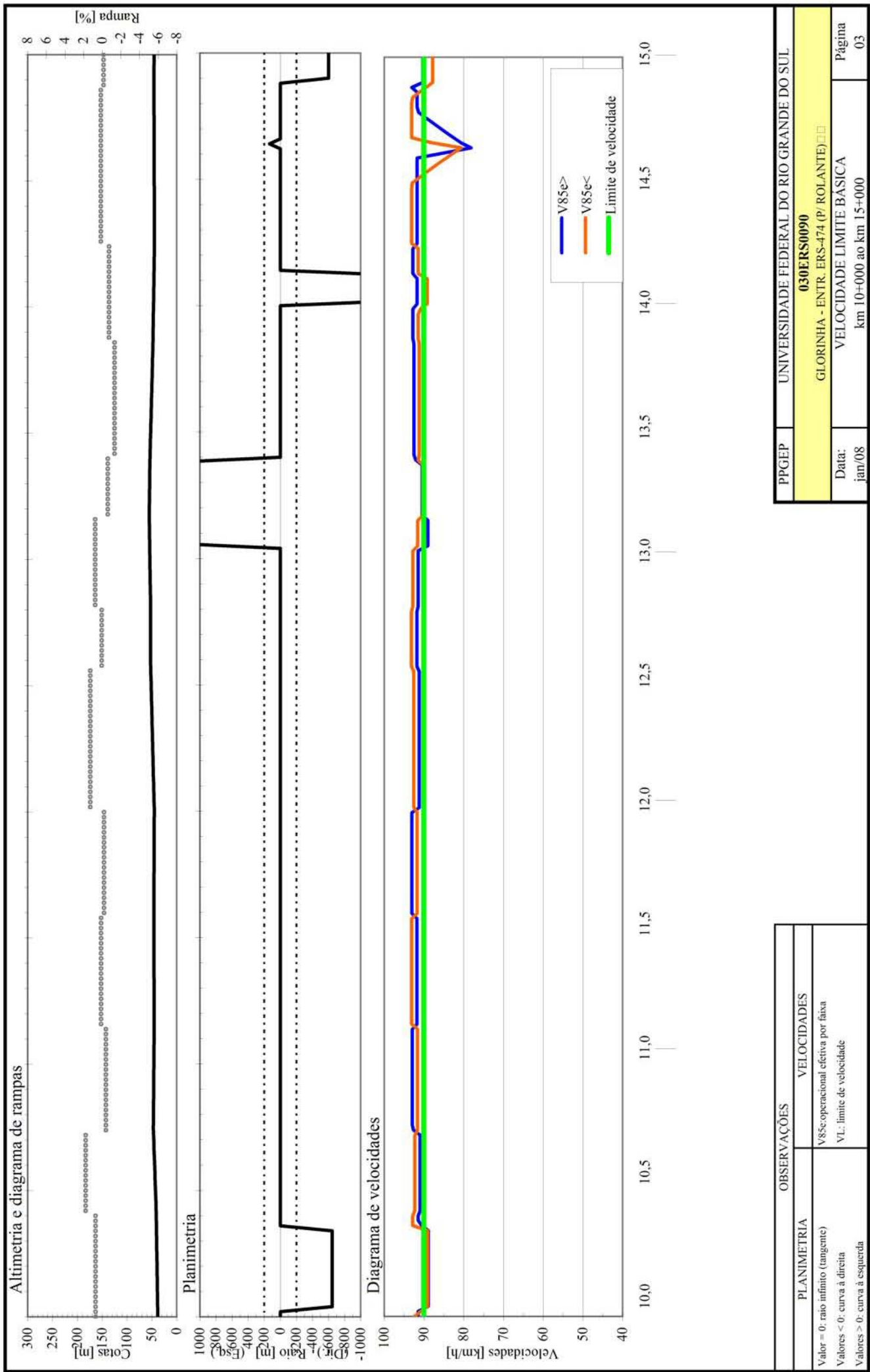
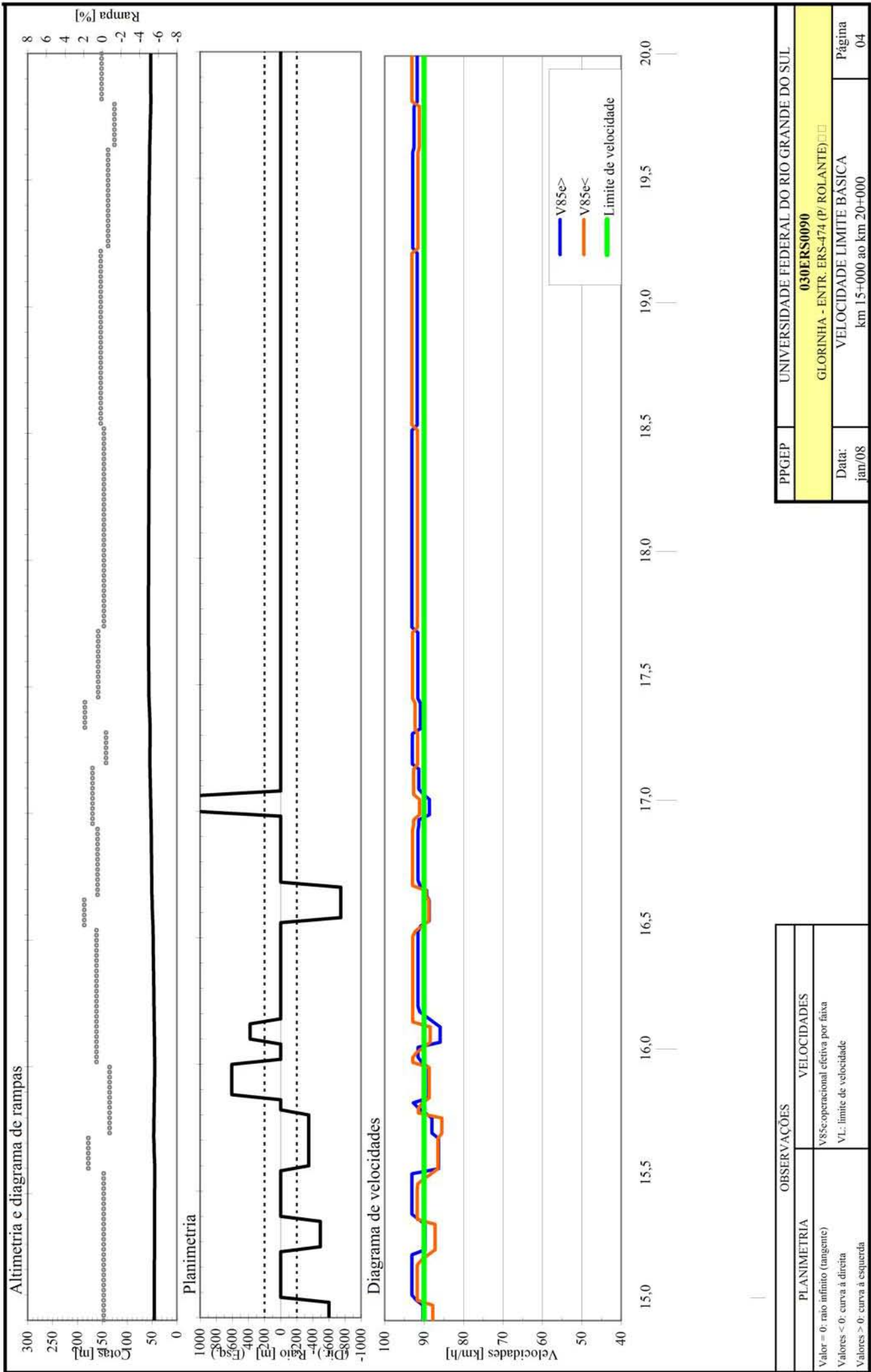


Figura 46 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BR0090 do km 10+000 ao km 15+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	030ERS0090
	GLORINHA - ENTR. ERS-474 (P/ROLANTE) □□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 15+000 ao km 20+000
	Página
	04

Figura 47 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BR0090 do km 15+000 ao km 20+000

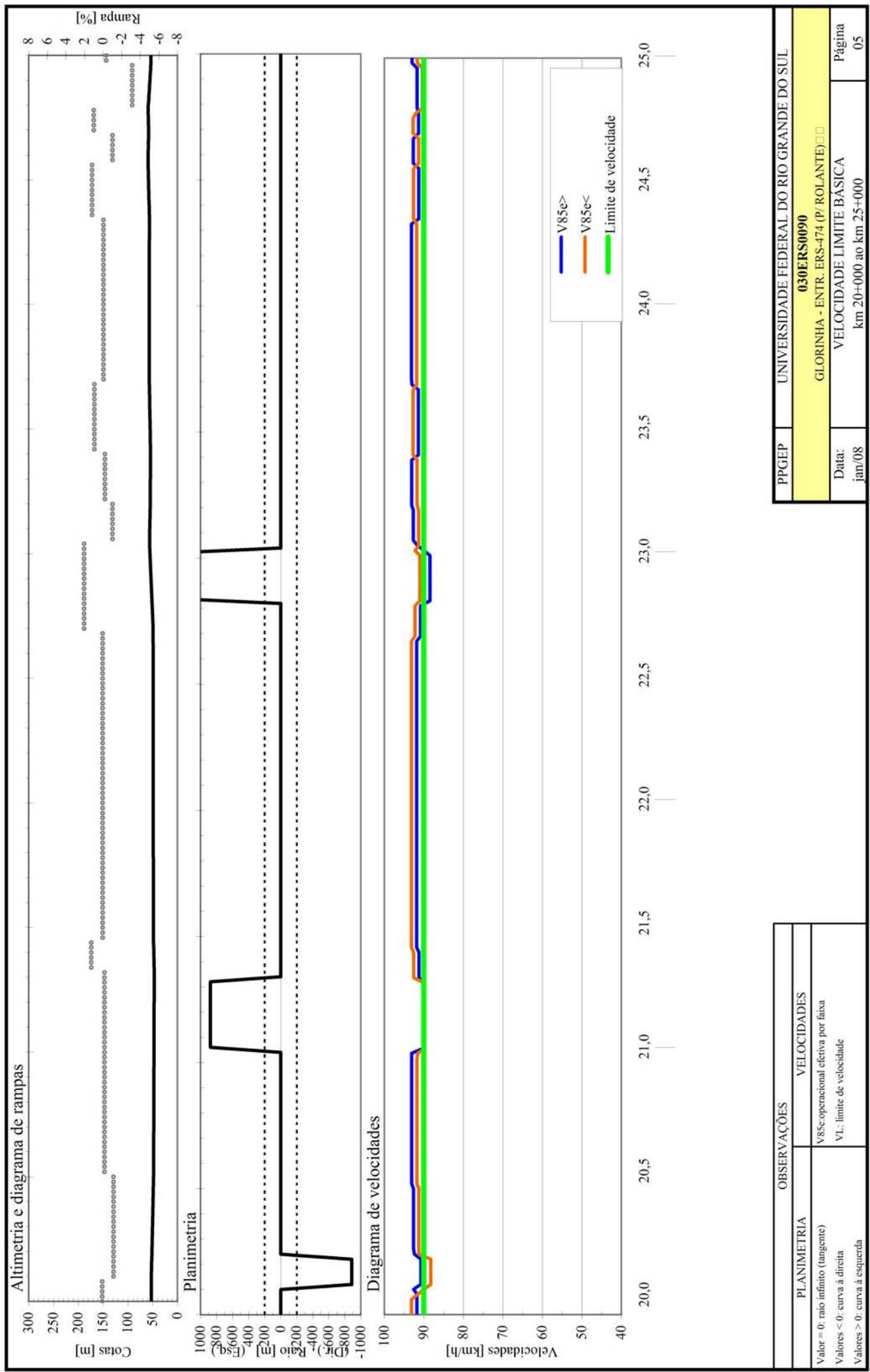
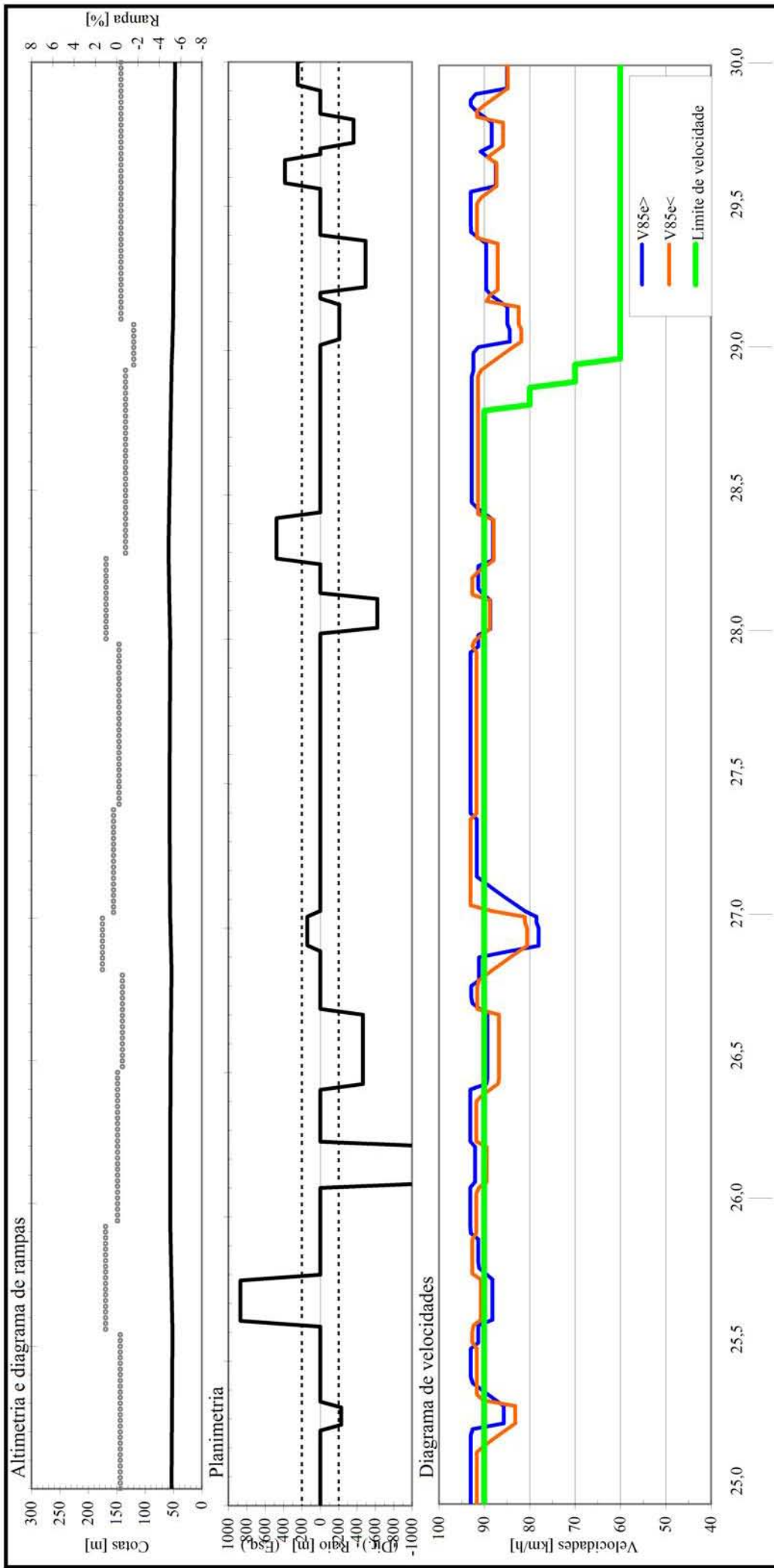


Figura 48 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BR0090 do km 20+000 ao km 25+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	030ERS0090
	GLORINHA - ENTR. ERS-474 (P/ROLANTE) □□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 25+000 ao km 30+000
	Página
	06

Figura 49 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BR0090 do km 25+000 ao km 30+000

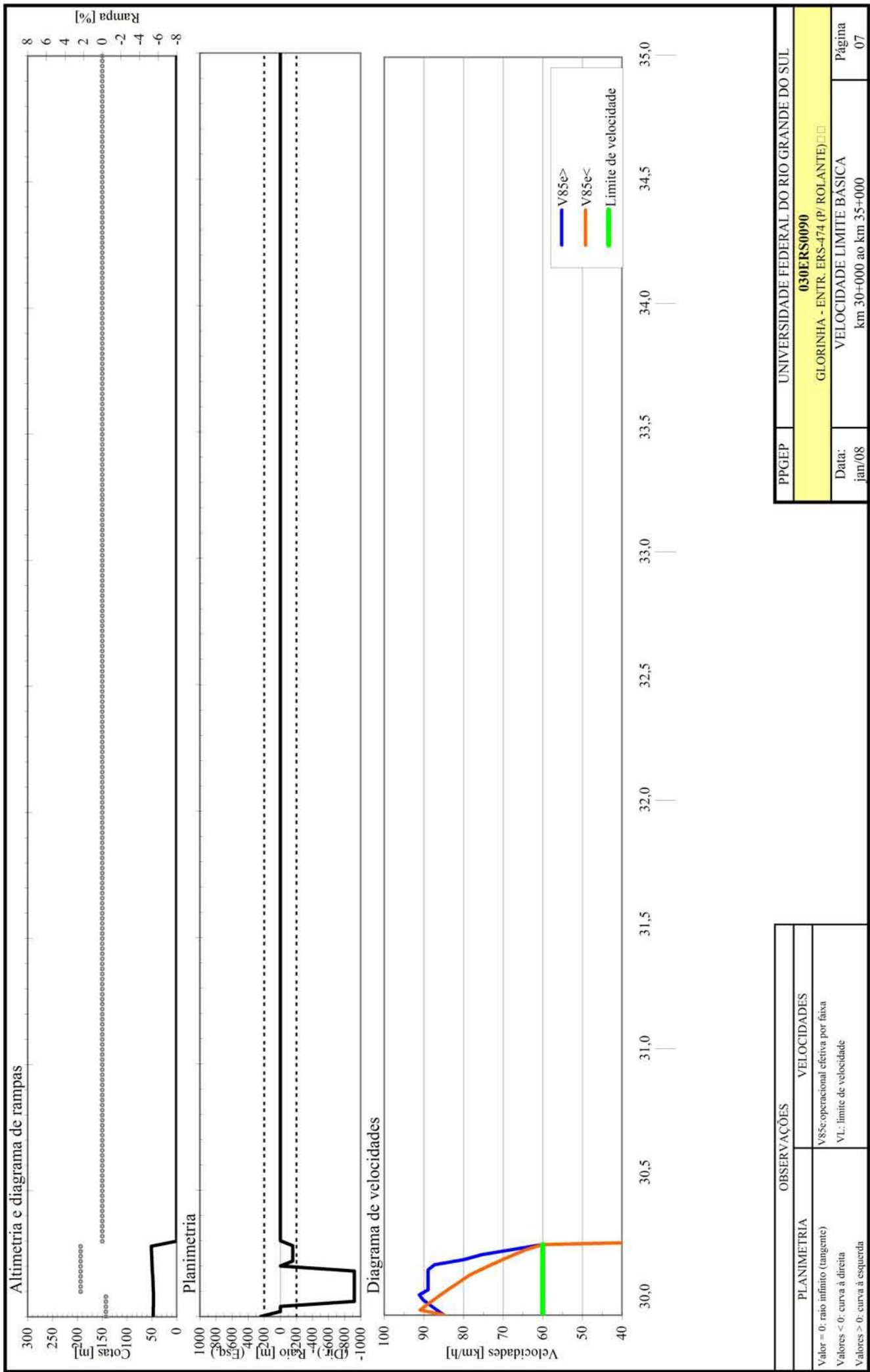
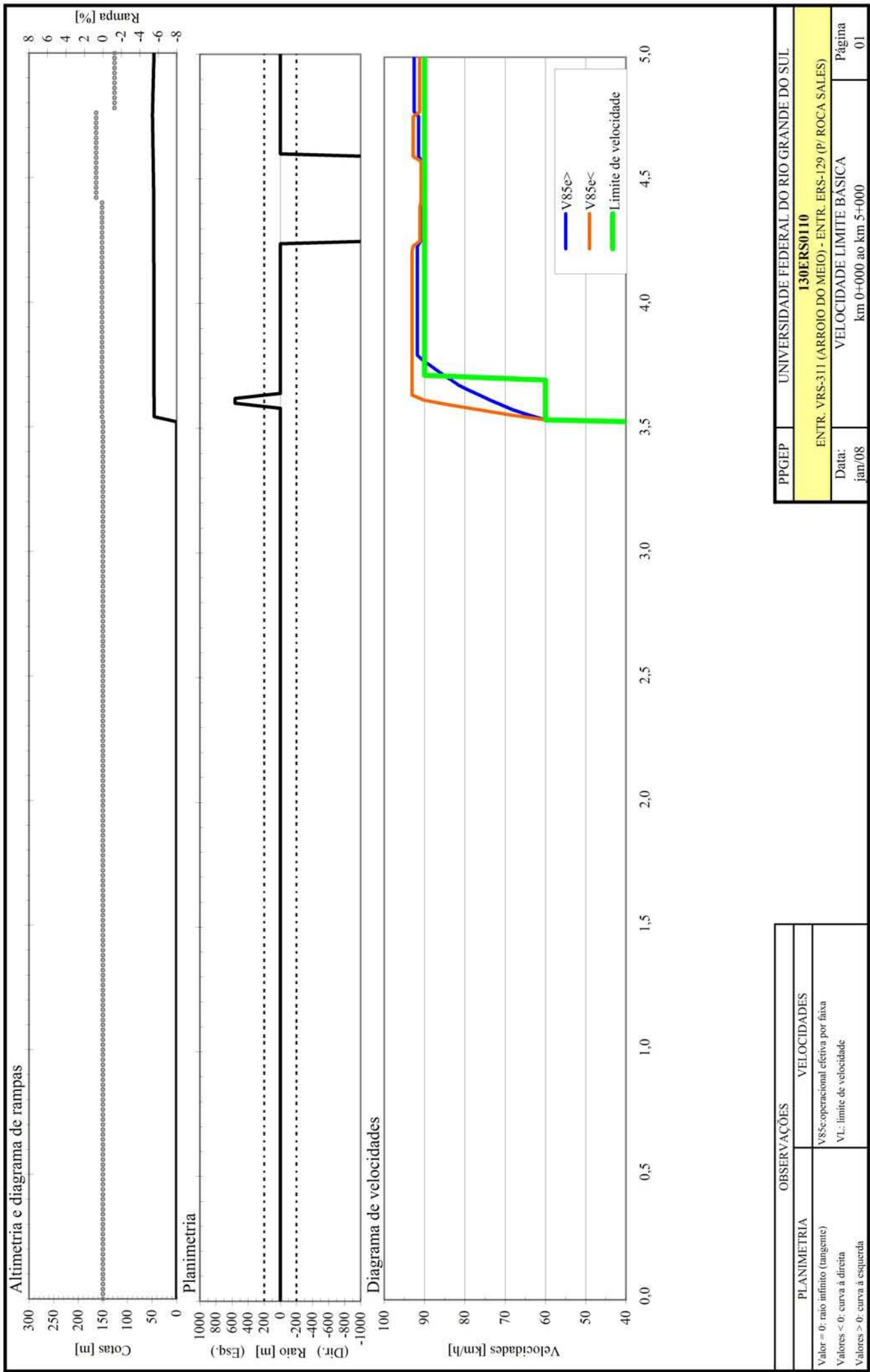


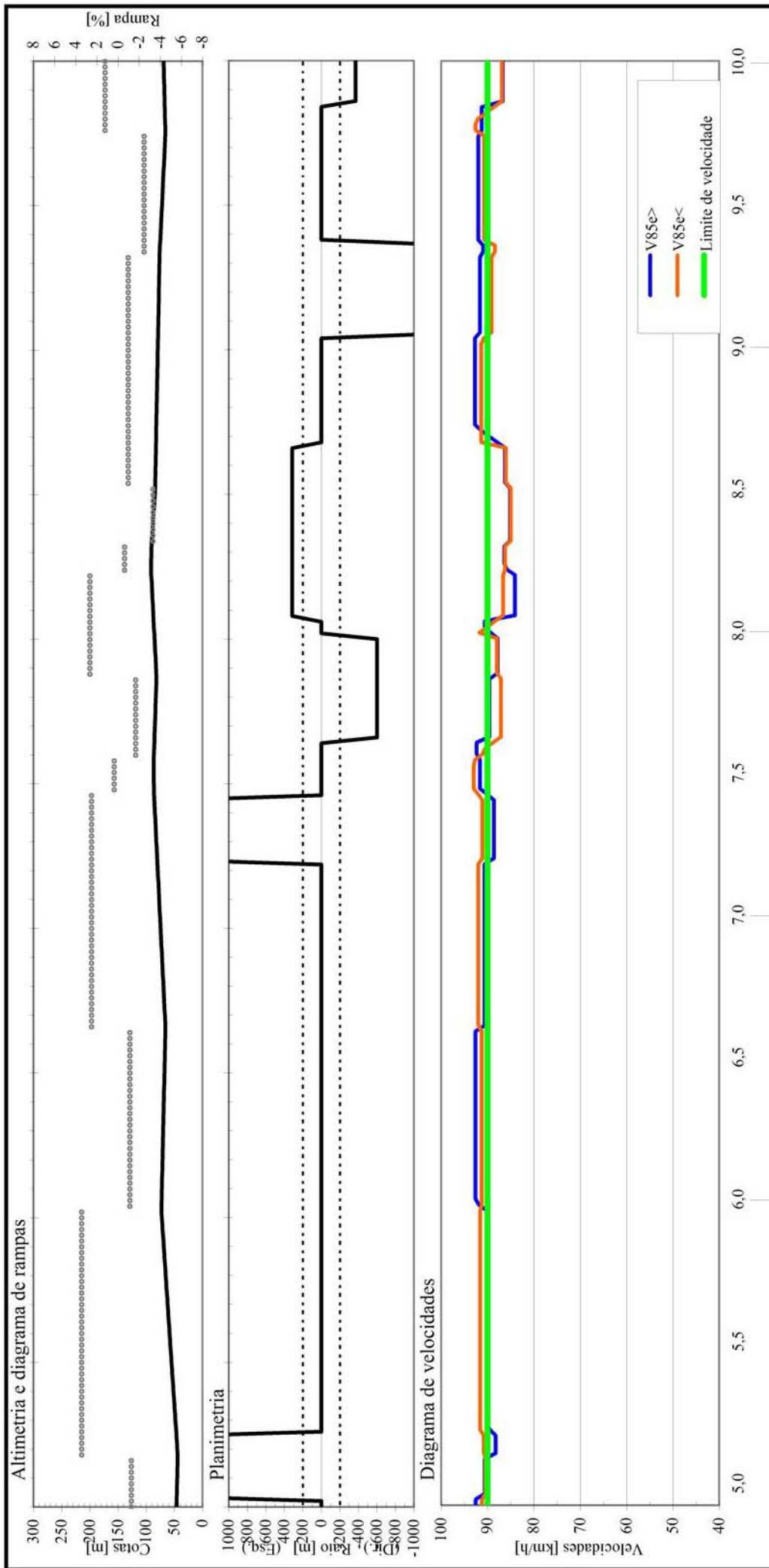
Figura 50 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 030BR0090 do km 30+000 ao km 35+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
130ERS0110	
ENTR. VRS-311 (ARROJO DO MEIO) - ENTR. ERS-129 (P/ ROCA SALES)	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 0+000 ao km 5+000
	Página
	01

Figura 51 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS0110 do km 0+000 ao km 5+000



PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	130ERS0110
	ENTR. VRS-311 (ARROIO DO MEIO) - ENTR. ERS-129 (P/ ROCA SALES) □□□□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 5+000 ao km 10+000
	Página 02

OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

Figura 52 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130ERS0110 do km 5+000 ao km 10+000

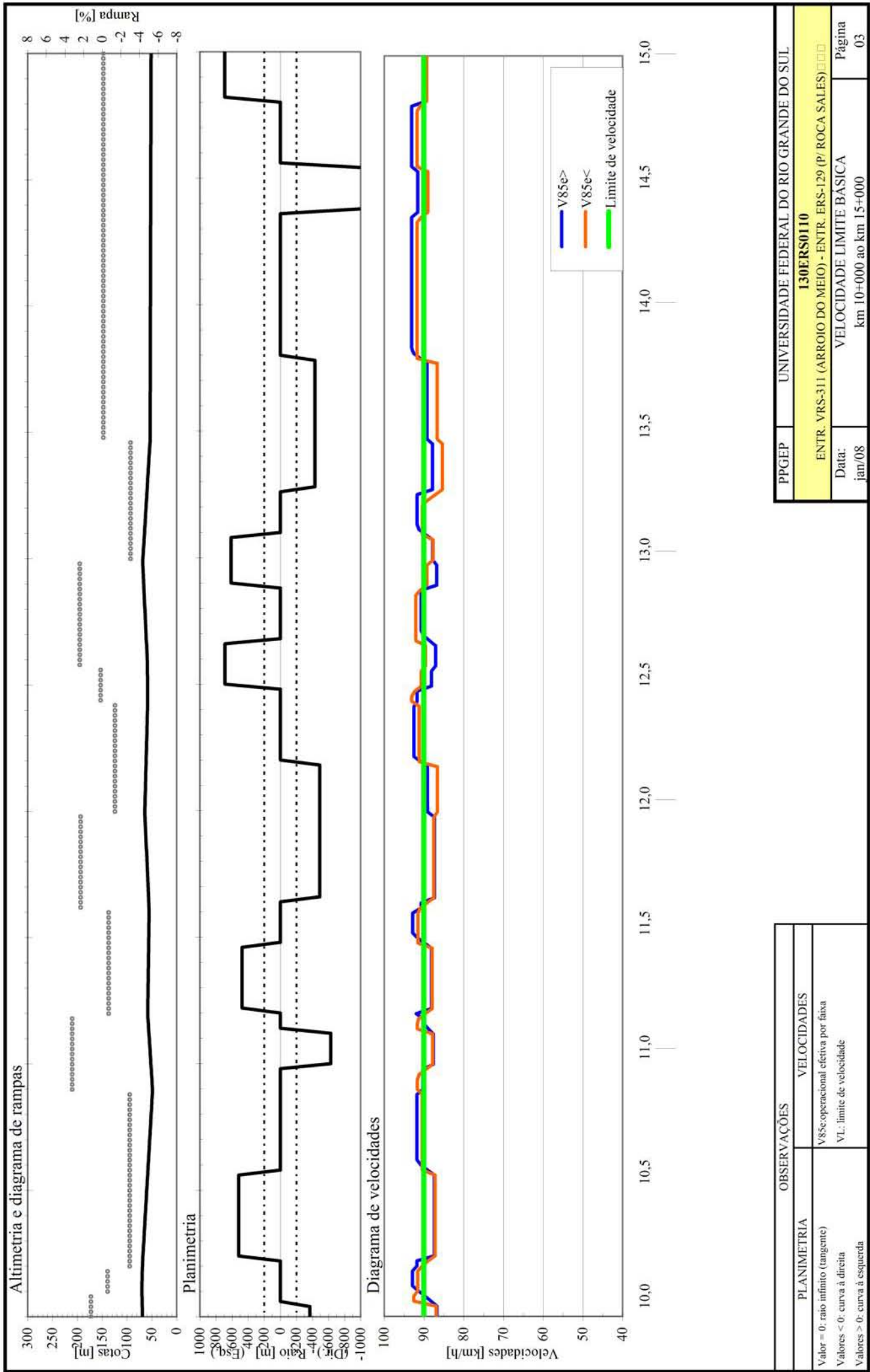


Figura 53 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BR0110 do km 10+000 ao km 15+000



PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
130ERS0110	
ENTR. VRS-311 (ARROIO DO MEIO) - ENTR. ERS-129 (P/ ROCA SALES) □□□□	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 15+000 ao km 20+000
	Página 04

OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

Figura 54 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BR0110 do km 15+000 ao km 20+000

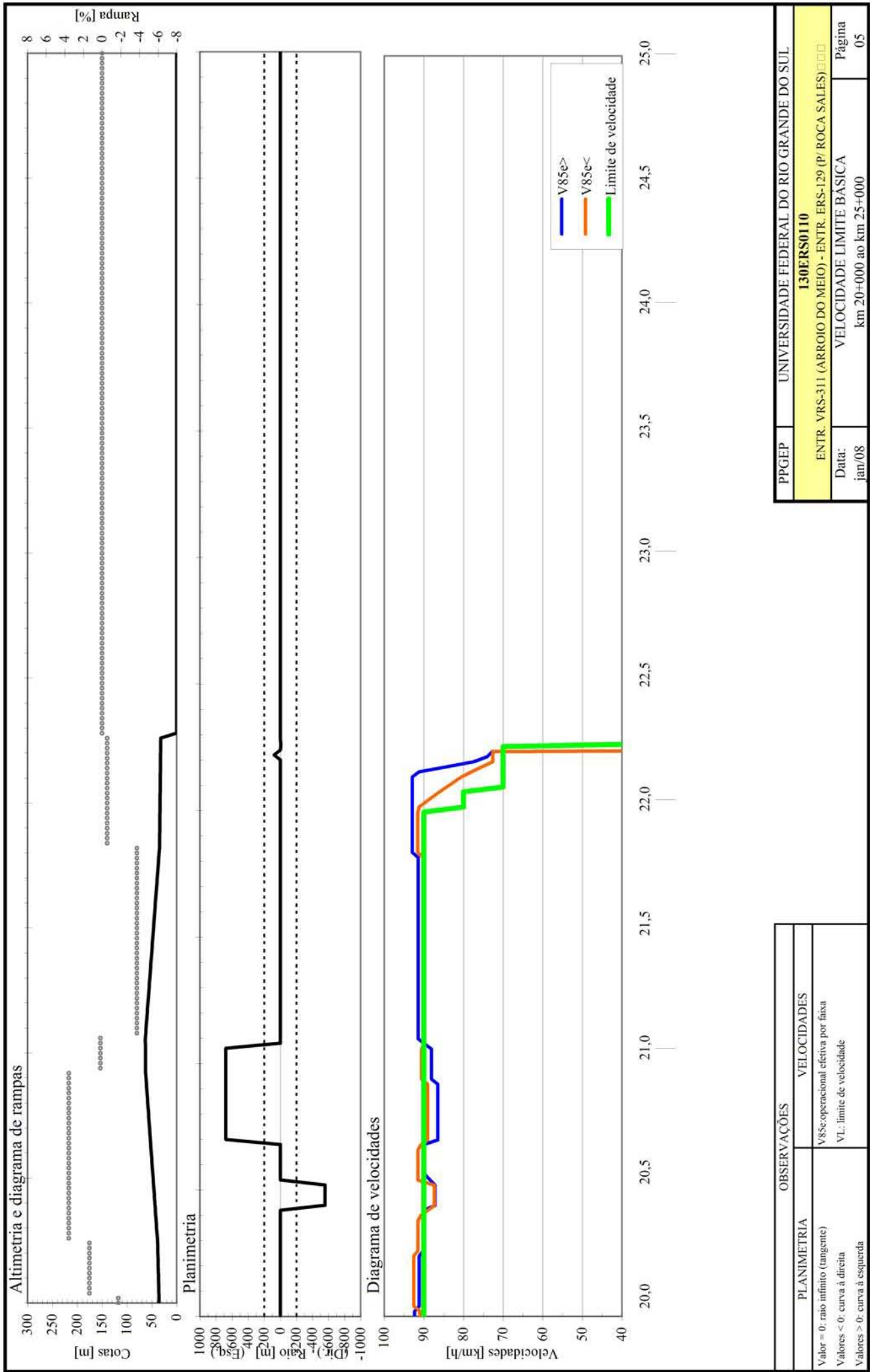
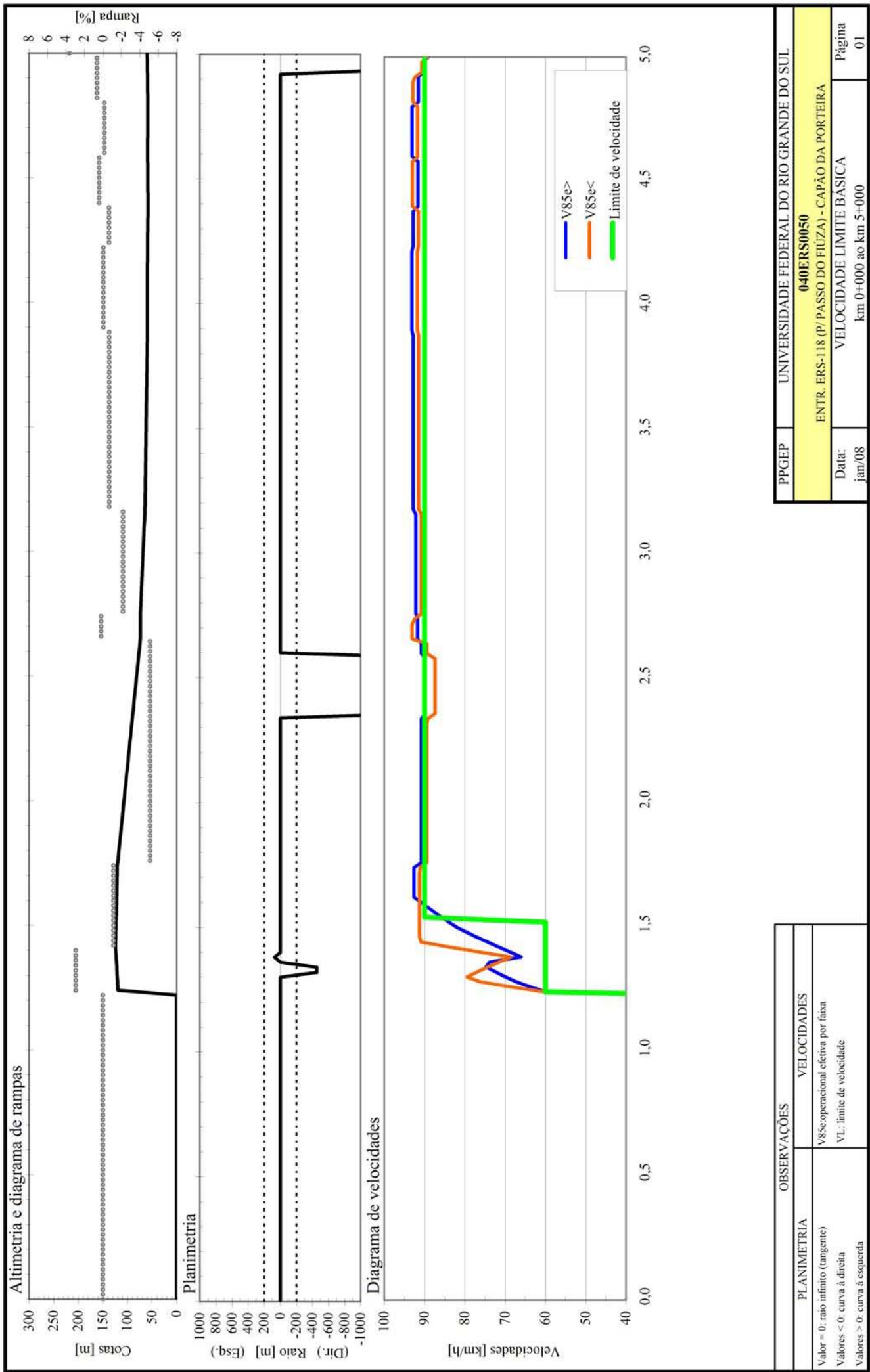


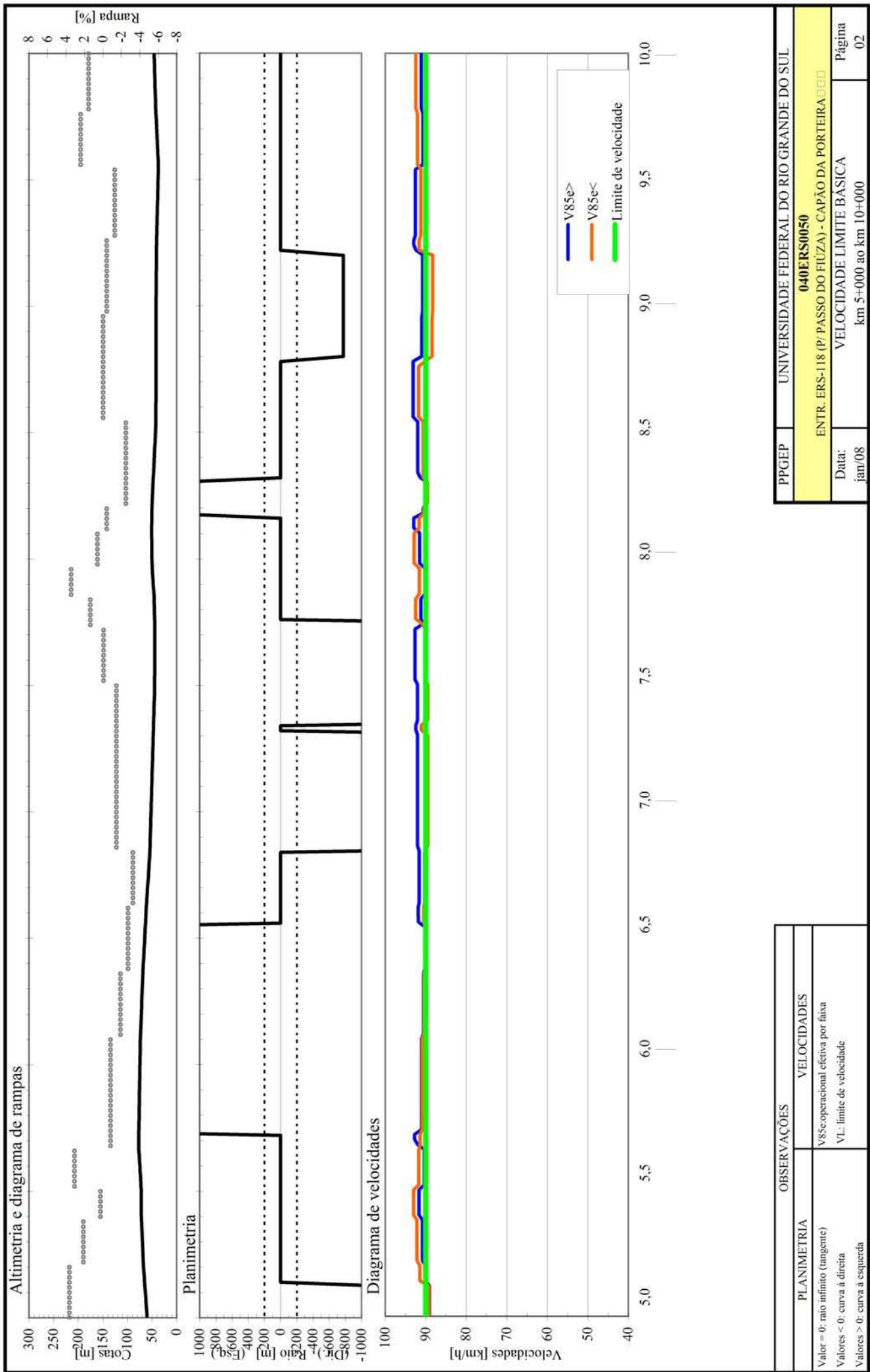
Figura 55 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 130BRS0110 do km 20+000 ao km 25+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	040ERS0050
	ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FIUZA) - CAPÃO DA PORTEIRA
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 0+000 ao km 5+000
	Página
	01

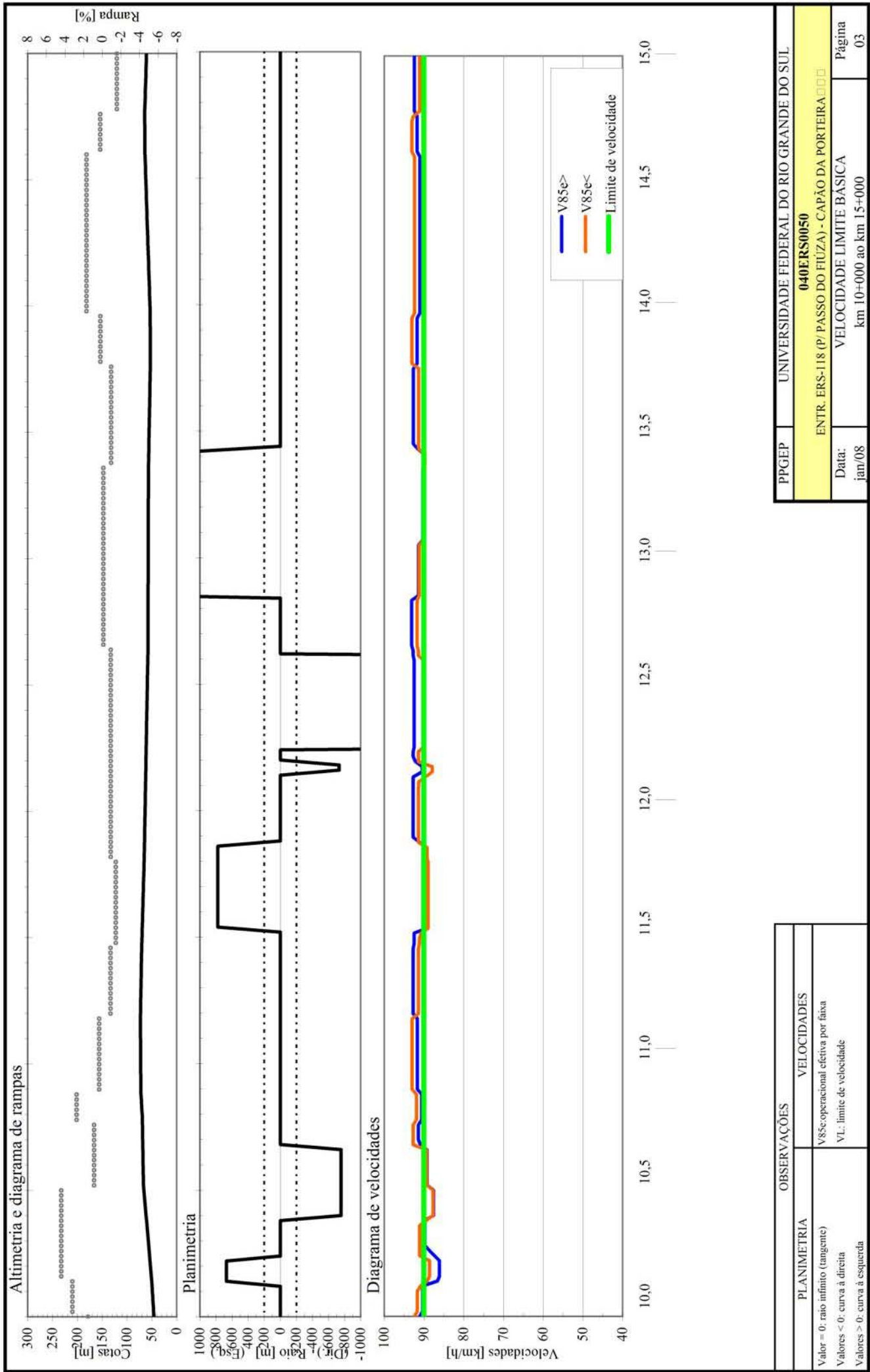
Figura 56 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040ERS0050 do km 0+000 ao km 5+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	040ERS0050
	ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FÚZA) - CAPÃO DA PORTEIRA □□□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 5+000 ao km 10+000
	Página
	02

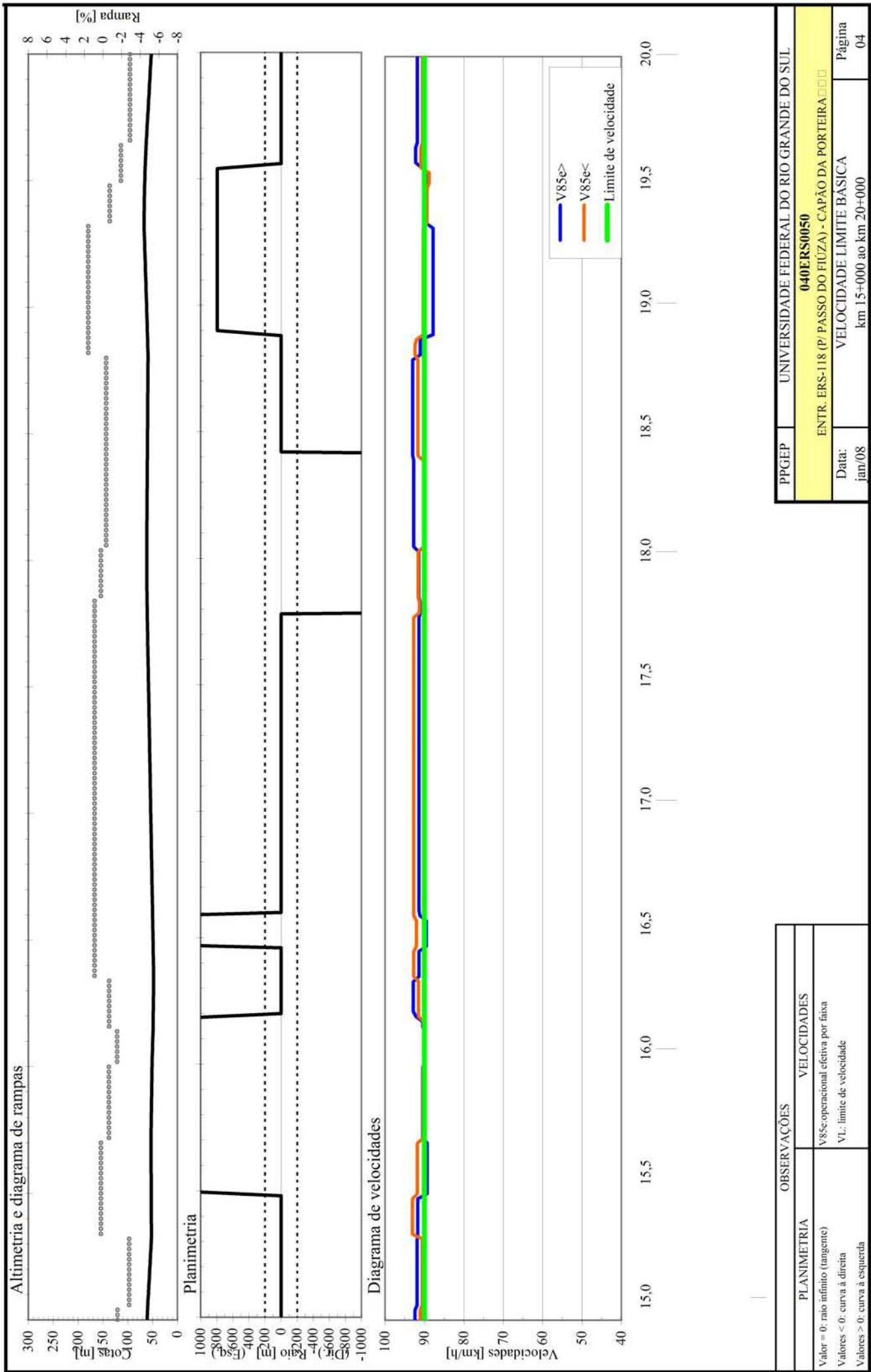
Figura 57 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BR0050 do km 5+000 ao km 10+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	040ERS0050
	ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FUIZA) - CAPÃO DA PORTEIRA □□□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 10+000 ao km 15+000
	Página
	03

Figura 58 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BR0050 do km 10+000 ao km 15+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	040ERS0050
	ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FIÚZA) - CAPÃO DA PORTEIRA □□□□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BASICA
jan/08	km 15+000 ao km 20+000
	Página
	04

Figura 59 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BR0050 do km 15+000 ao km 20+000

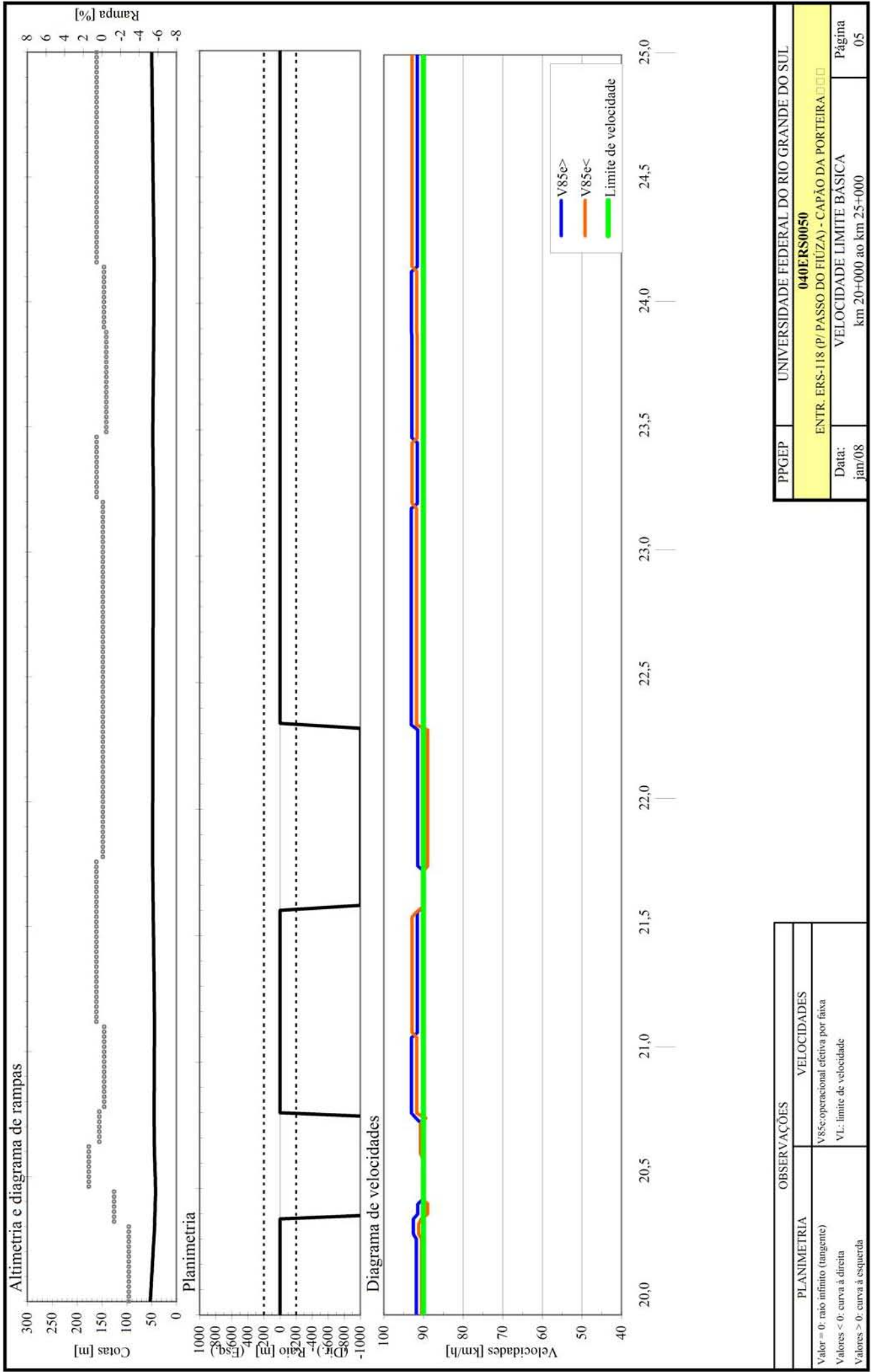
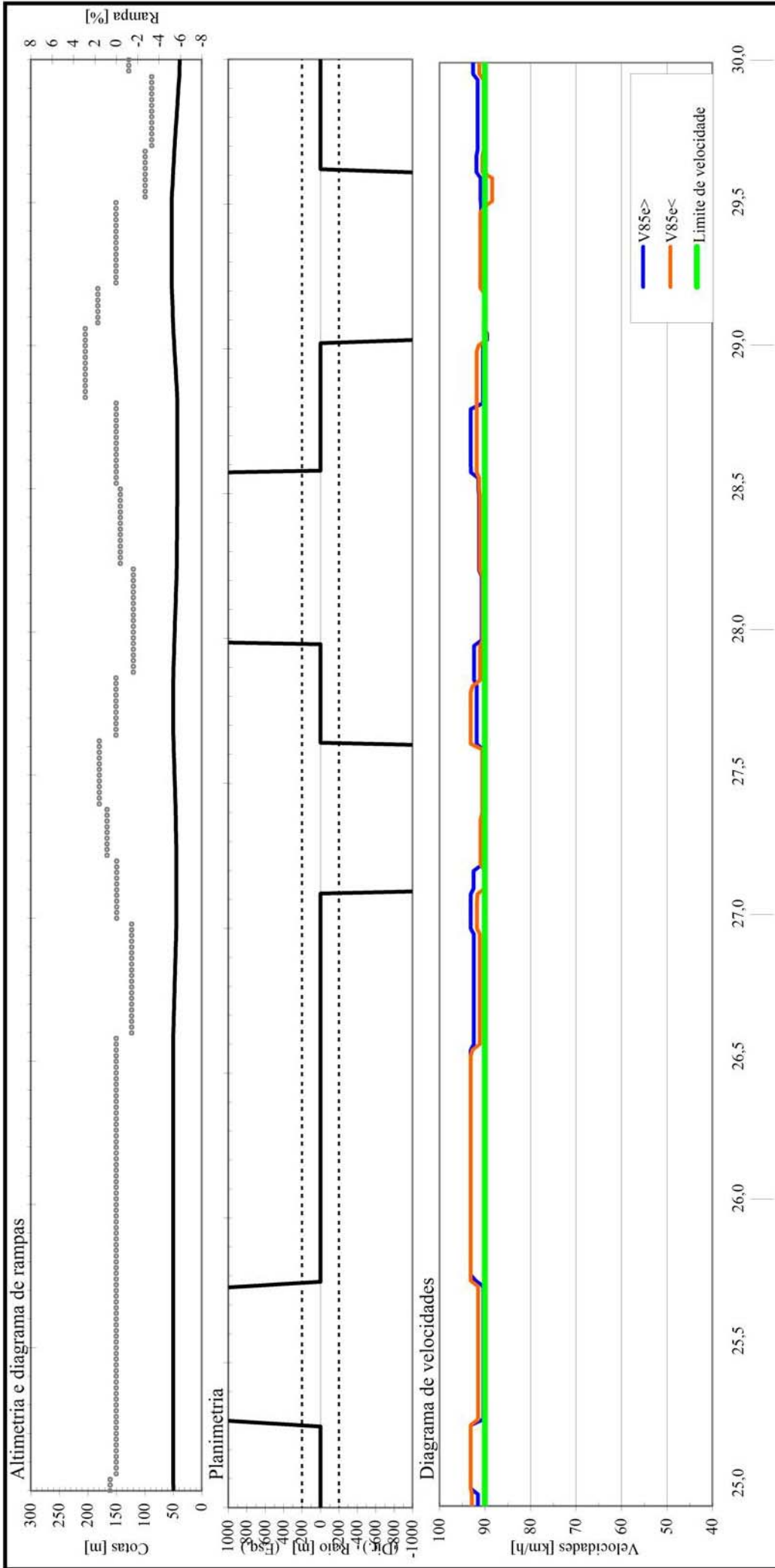


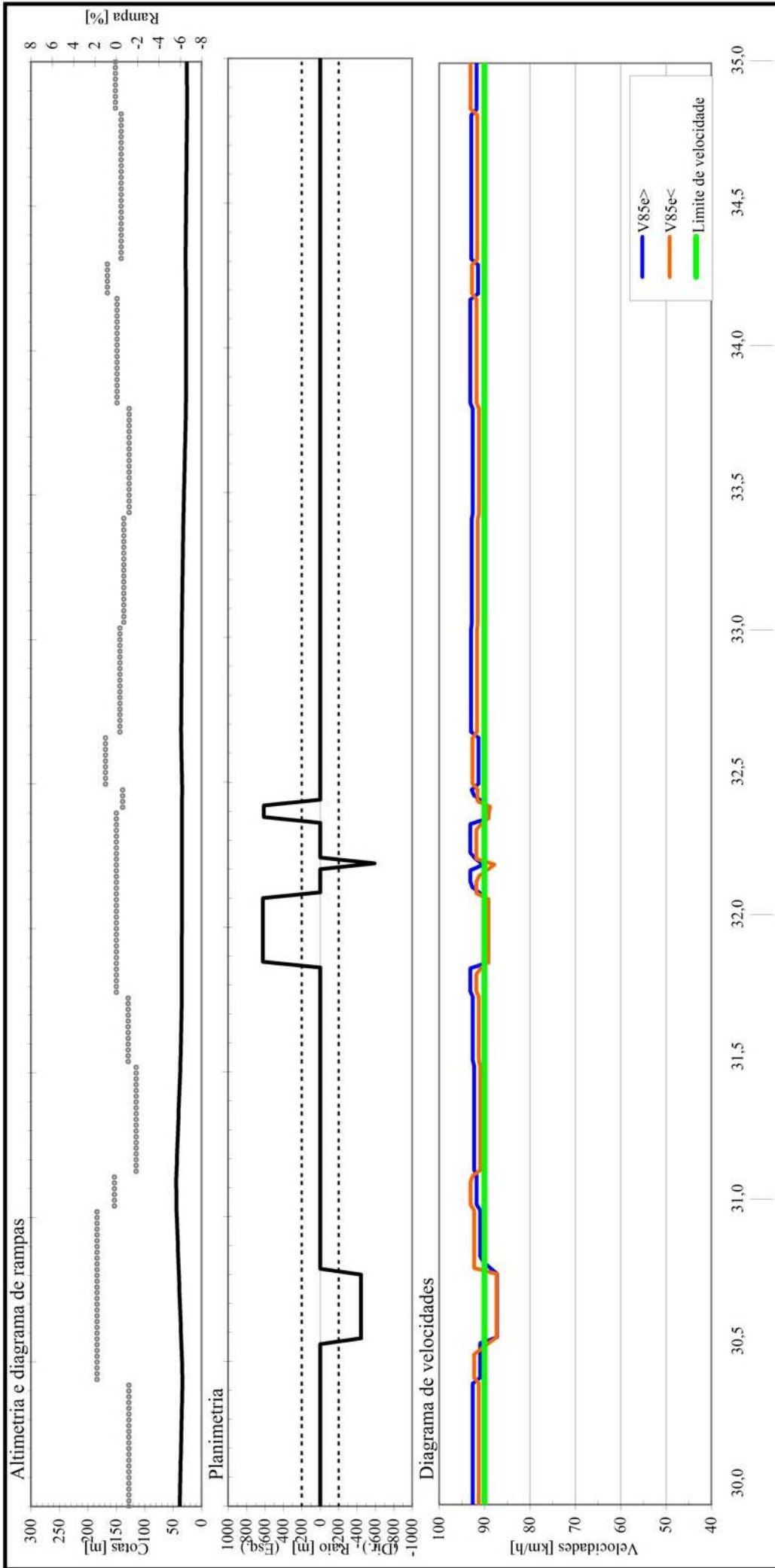
Figura 60 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BR0050 do km 20+000 ao km 25+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
040ERS0050	
ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FÍUZA) - CAPÃO DA PORTEIRA	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 25+000 ao km 30+000
	Página
	06

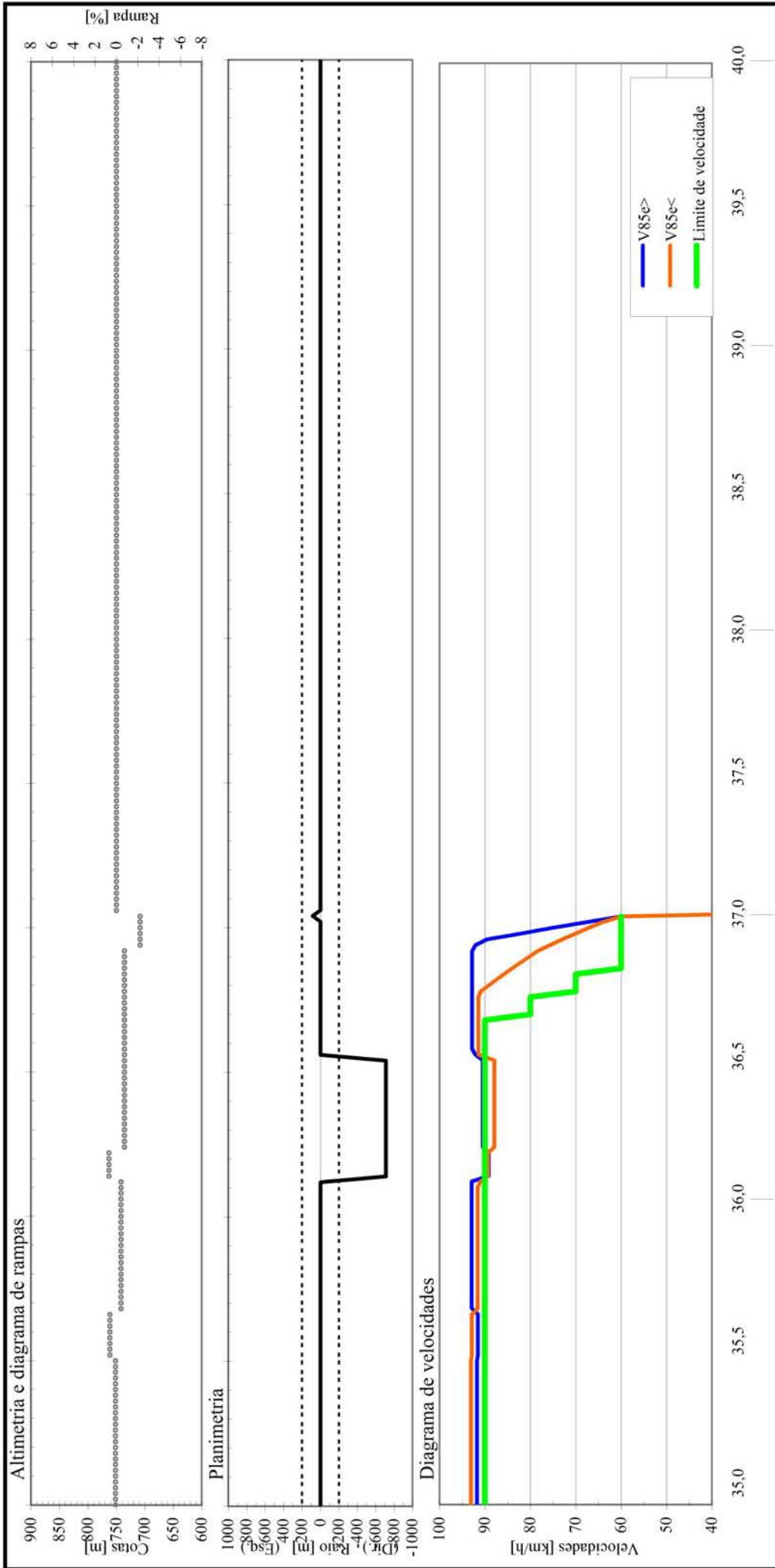
Figura 61 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BR0050 do km 25+000 ao km 30+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
	040ERS0050
	ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FÚZA) - CAPÃO DA PORTEIRA □□□
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 30+000 ao km 35+000
	Página 07

Figura 62 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BRS0050 do km 30+000 ao km 35+000



OBSERVAÇÕES	
PLANIMETRIA	VELOCIDADES
Valor = 0: raio infinito (tangente)	V85e: operacional efetiva por faixa
Valores < 0: curva à direita	VL: limite de velocidade
Valores > 0: curva à esquerda	

PPGEP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
040ERS0050	
ENTR. ERS-118 (P/ PASSO DO FÚZA) - CAPÃO DA PORTEIRA □□□	
Data:	VELOCIDADE LIMITE BÁSICA
jan/08	km 35+000 ao km 40+000
Página 08	

Figura 63 - Gráfico de limites de velocidade do trecho 040BR0050 do km 35+000 ao km 40+000

Tabela 70 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 116BRS3080

Estacas	Velocidade Op. > (km/h)	Velocidade Op. < (km/h)	Classe	Raio (m)	Velocidade (km/h)	Vel. Múltipla (km/h)	Limite de		Distância (m)
							Velocidade (km/h)	Velocidade Advertência (km/h)	
3,820	3,940	61,43	2	59,34	61,43	60	70	60	140
6,000	6,200	60,49	2	57,34	60,33	60	70	60	20
6,920	7,000	57,65	2	53,42	57,65	60	70	60	100
12,200	12,480	75,62	2	109,44	74,64	70	80	70	300
12,860		68,66	2	84,21	66,13	70	80	70	20
12,960	12,980	71,87	2	108,23	71,71	70	80	70	40
13,780		75,6	2	112,42	73,07	70	80	70	20
13,880	13,980	65,83	2	65,31	65,68	70	80	70	120
14,000	14,040	62,96	2	65,31	62,81	60	80	60	60
14,660	14,720	62,4	2	58,58	59,87	60	80	60	80
14,760	14,800	70,32	2	79,95	70,16	70	80	70	60
14,860	14,920	66,51	2	72,26	63,98	60	80	60	80
15,200	15,220	67,15	2	66,16	64,62	60	80	60	40
15,320	15,420	66,58	2	76,48	66,42	70	80	70	120
15,500	15,520	66,61	2	72,61	64,08	60	80	60	40
15,620	15,680	68,71	2	76,74	68,71	70	80	70	80
15,880		72,59	2	83,19	70,06	70	80	70	20
18,440	18,480	60,16	2	62,75	60,16	60	70	60	60
18,920	18,940	53,84	2	45,41	53,84	50	70	50	40
19,420	19,520	62,95	2	58,2	62,95	60	70	60	120
21,440	21,480	62,7	2	61,56	62,7	60	70	60	60
23,840	23,940	74,94	2	112,85	74,94	70	80	70	120
24,060	24,160	72,17	2	92,14	72,17	70	80	70	120
24,560	24,740	69,47	2	84,62	69,47	70	80	70	200
24,880	25,080	74,13	2	120,33	74,13	70	80	70	220

Tabela 71 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 386BRS0240

Estacas	Velocidade Op. > (km/h)	Velocidade Op. < (km/h)	Classe	Raio (m)	Velocidade (km/h)	Vel. Múltipla (km/h)	Limite de		Distância (m)
							Velocidade (km/h)	Velocidade (km/h)	
3,820	84,65	84,81	1	249,15	84,65	80	90	80	80
4,080	82,67	85,2	1	220,91	82,67	80	90	80	220
5,380	84,76	87,29	1	328,4	84,76	80	90	80	180
6,520	81,3	81,45	1	195,17	81,3	80	90	80	280
6,900	82,64	82,49	1	215,18	82,49	80	90	80	180
8,680	80,91	83,44	1	214,82	80,91	80	90	80	340
9,120	85,36	82,83	1	235,15	82,83	80	90	80	180
9,420	84,39	86,92	1	289,03	84,39	80	90	80	220
9,840	87,29	84,76	1	349,83	84,76	80	90	80	100
10,600	82,77	80,24	1	186,28	80,24	80	90	80	180
11,560	83,92	86,45	1	319,81	83,92	80	90	80	340
12,620	85,8	83,28	1	314,54	83,28	80	90	80	320
13,020	84,1	83,94	1	248,87	83,94	80	90	80	220
13,380	84,69	82,16	1	259,1	82,16	80	90	80	100
13,580	81,46	81,31	1	196,61	81,31	80	90	80	240
14,080	78,69	76,16	1	134,02	76,16	80	90	80	80

Tabela 72 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 030ERS0090

Estacas	Velocidade Op. > (km/h)	Velocidade Op. < (km/h)	Classe	Raio (m)	Velocidade (km/h)	Vel. Múltipla (km/h)	Limite de		Distância (m)
							Velocidade (km/h)	Velocidade (km/h)	
5,260	82,89	85,42	3	228,09	82,89	80	90	80	120
5,500	85,76	85,6	3	309,49	85,6	80	90	80	120
5,700	85,24	82,71	3	221,89	82,71	80	90	80	80
5,920	87,85	85,32	3	339,87	85,32	80	90	80	100
6,060	83,49	83,34	3	206,51	83,34	80	90	80	80
9,180	86,88	89,41	3	621,99	86,88	80	90	80	180
9,480	85,23	87,76	3	314,41	85,23	80	90	80	160

Tabela 73 – Velocidades de advertência para curvas horizontais do trecho 130ERS0110

Estacas	Velocidade Op. > (km/h)	Velocidade Op. < (km/h)	Classe	Raio (m)	Velocidade (km/h)	Vel. Múltipla (km/h)	Limite de		Distância (m)
							Velocidade (km/h)	Velocidade (km/h)	
8,080	84,09	86,62	1	314,59	84,09	80	90	80	160
8,340	85,13	84,97	1	314,59	84,97	80	90	80	200