

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
BRUNA LETICIA MADALOSSO

ANÁLISE SOBRE POSSÍVEIS CAUSAS DE ACIDENTES EM UM TRECHO DA
RODOVIA FÉLIX FEIWISCH LERNER (PR-484)

CASCATEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

BRUNA LETICIA MADALOSSO

**ANÁLISE SOBRE POSSÍVEIS CAUSAS DE ACIDENTES EM UM TRECHO DA
RODOVIA FÉLIX FEIWISCH LERNER (PR-484)**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Engenheiro Civil Me.
Izan Gomes de Lacerda.**

CASCADEL - PR

2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à toda a minha família, que sempre acreditaram em meu potencial e não deixaram de me motivar nem por um único instante.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a Deus por me abençoar com esta oportunidade.

Aos meus pais e ao meu irmão por passar comigo por todos os desafios que a faculdade impôs sempre me inspirando e me dando todo o amor do mundo.

Aos meus avós e familiares, agradeço por todas as orações e incentivo, sempre fazendo o possível e o impossível para me ajudar, inundando-me de todo o amor.

Ao meu orientador Izan, sou grata por sua paciência e compreensão, me ajudando em todos os momentos para a conclusão deste trabalho, sempre disposto a compartilhar o seu conhecimento.

Ao meu professor Lincoln pois mesmo não sendo meu orientador não se recusou em me ajudar nem por um segundo.

As minhas amigas que tornaram todo o período passado na faculdade mais divertido e suave. Criei amizades que irei levar para a vida toda. Estudamos, rimos e choramos sempre unidas e desejo que seja assim para todo o sempre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Indicação do local.....	11
Figura 02: Curva de variação da serventia.....	13
Figura 03: Recomendação de manutenção de pavimentos.....	14
Figura 04: Força centrífuga.....	18
Figura 05: Equilíbrio de forças.....	18
Figura 06: Elementos uma curva circular simples.....	22
Figura 07: Indicação das curvas.....	31
Figura 08: Curva 01.....	31
Figura 09: Curva 02.....	32
Figura 10: Curva 03.....	32
Figura 11: Curva 04.....	33
Figura 12: Curva 05.....	33
Figura 13: Indicação dos acessos.....	34
Figura 14: Fissuras na pista de rolagem.....	35
Figura 15: Marcas de desgaste.....	35
Figura 16: Proteção da rodovia danificada.....	36
Figura 17: Unidades do relevo brasileiro.....	42
Figura 18: Pontos de medição de superlargura.....	45
Figura 19: Pontos de coleta de superelevações.....	46
Figura 20: Descrição geométrica da curva.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Valor de Serventia Atua.....	13
Tabela 02: Velocidades Diretrizes.....	17
Tabela 03: Recomendação de manutenção de pavimentos.....	19
Tabela 04: Raios mínimos para superelevação.....	19
Tabela 05: Raio mínimos de superelevação por relevo.....	20
Tabela 06: Largura de faixas de rolamentos.....	21
Tabela 07: Quantitativo de acidentes.....	29
Tabela 08: Tipologia dos acidentes.....	38
Tabela 09: Tráfego médio diário anual.....	39
Tabela 10: Calculo de VMD.....	40
Tabela 11: Classificação de rodovias.....	43
Tabela 12: Respostas do questionário.....	44
Tabela 13: Nota dos entrevistados.....	45
Tabela 14: Valores da largura da pista.....	46
Tabela 15: Valores de inclinação.....	47
Tabela 16: Velocidade diretriz por classe de projeto.....	48
Tabela 17: Raio mínimo e inclinação por classe de projeto.....	48
Tabela 18: Valores de superlargura para 60km/h.....	49
Tabela 19: Largura mínima por camadas.....	49
Tabela 20: Valores de superelevação para Velocidade de 60km/h.....	50
Tabela 21: Valores de Superlargura.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNER: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte.

DER: Departamento de Estrada de Rodagem.

CTB: Código de Trânsito Brasileiro.

VSA: Valor de Serventia Atual.

TMDA: Tráfego Médio Diário Anual.

VMD: Volume Médio Diário.

EPÍGRAFE

“O maior inimigo do conhecimento não é a ignorância, mas a ilusão de conhecimento.”

Stephen Hawking

RESUMO

A cada ano o Brasil apresenta índices maiores de acidentes de trânsito, sejam eles em vias urbanas ou rurais. Existem diversos fatores que contribuem para o crescimento deste índice, tais como fatores humanos: imprudência do condutor, falta de atenção, sonolência, deficiências físicas do condutor, fatores do veículo, como por exemplo, peças inadequadas para o tipo de via, veículos com problemas mecânicos, utilização incorreta de veículos, fatores do ambiente: clima, ocorrência de intempéries, e fatores de infraestrutura: geometria da via, condições precárias de manutenção da via, velocidade diretriz da via, não compatibilização da via de acordo com a evolução do tráfego. E também á alguns fatores próprios das rodovias que influenciam nesse número elevado de acidentes, como a má conservação da rodovia e a construção inadequada das pistas de rolagem. Objetivando apresentar a real situação de um trecho localizado na rodovia PR 484 no Paraná, na cidade de Boa Vista da Aparecida, apresentando os fatores atuantes no local que levaram a ocorrência de um grande número de acidente, até mesmo fatais. A metodologia utilizada foi à análise da tipologia de acidentes, a partir disso pode-se então verificar três métodos construtivos, raio mínimo, superelevação e superlargura através de dois métodos, onde pode ser constatado que a concepção da rodovia não está adequada por nenhum dos métodos e há necessidade de manutenção corretiva no local.

Palavras Chave: Acidentes, Projeto Geométrico, Rodovia PR-484.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1.....	8
1.1	INTRODUÇÃO.....	8
1.2	OBJETIVOS.....	9
1.2.1	Objetivo Geral.....	9
1.2.2	Objetivos Específicos.....	9
1.3	JUSTIFICATIVA.....	9
1.4	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.5	FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	10
1.6	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	11
2	CAPÍTULO 2.....	12
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1.2	Defeitos, Avaliação Funcional E Aderência.....	12
2.1.3	Valor de Serventia Atual.....	12
2.1.4	Classificação e dados dos acidentes.....	14
2.2	CARACTERIZAÇÃO DAS VIAS QUE PODEM AFETAR A SEGURANÇA.....	15
2.3	CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO E FATORES CONTRIBUINTES.....	16
2.4	VELOCIDADE DIRETRIZ.....	16
2.5	RAIO MÍNIMO.....	17
2.6	LARGURAS DAS FAIXAS DE ROLAMENTO	21
2.7	IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS E ELEMENTOS DE UMA CURVA.....	21
2.8	PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	23
2.8.1	Trincas.....	23
2.8.1.1	Trinca transversal.....	23
2.8.1.2	Trinca longitudinal.....	24
2.8.1.3	Trinca tipo “Couro de Jacaré”	24
2.8.2	Afundamento.....	24
2.8.3	Panela ou buraco.....	24
2.9	NOMENCLATURA.....	24
2.10	COMPRIMENTOS DE TRANSIÇÃO (Lc).....	25

2.11	SUPERLARGURA.....	25
2.12	SUPERELEVÇÃO.....	26
3	CAPÍTULO 3	24
3.1	METODOLOGIA.....	27
3.1.1	Identificação do gestor administrativo do trecho.....	27
3.1.2	Solicitação de permissão.....	27
3.1.3	Tráfego	27
3.1.4	Procedimento de coleta de dados.....	28
3.1.5	Análise objetiva do segmento.....	28
3.1.6	Análise dos dados.....	28
3.1.6.2	Segregar e quantificar acidentes por tipologia.....	28
3.1.6.3	Associar tipologia de acidentes a sinalização.....	29
3.1.6.4	Associar tipologia de acidentes a falhas na concepção da rodovia.....	29
4	CAPÍTULO 4	30
4.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1.1	Análise do segmento.....	30
4.1.2	Condição de conservação	34
4.2	PROJETO GEOMÉTRICO DA RODOVIA.....	36
4.3	ACIDENTES.....	37
4.4	VOLUME MÉDIO ANUAL	39
4.5	CLASSES DE PROJETO.....	40
4.6	CLASSIFICAÇÕES DO RELEVO TOPOGRÁFICO.....	41
4.7	ÍNDICES DE SERVIENTIA.....	42
4.8	MEDIÇÕES REALIZADAS NO LOCAL.....	44
4.8.1	Superlargura.....	45
4.8.2	Superelevação.....	46
4.9	COMPARAÇÕES SEGUNDO SENÇO.....	47
4.9.1	Velocidade diretriz.....	47
4.9.2	Raio Mínimo e Superelevação máxima.....	48
4.9.3	Superlargura.....	49
4.9.4	Superelevação.....	50
4.10	DESCRIÇÃO GEOMÉTRICA DA CURVA.....	51

4.11	COMPARAÇÕES COM AS NORMAS DO DNIT.....	52
4.11.1	Raios mínimos	52
4.11.2	Superlargura.....	53
4.11.3	Superelevação.....	55
5	CAPÍTULO 5.....	58
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
6	CAPÍTULO 6.....	60
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	60

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Segundo Senço (2008), o projeto de uma rodovia deve atender uma geometria conveniente que atenda à topografia da região do terreno e à demanda de tráfego. O atual cenário da infraestrutura rodoviária do Brasil não é aceitável. Segundo um estudo do *Global Status Report on Road Safety* (2013) apontou que somos o 4º País com mais ocorrências de acidentes e rodovias e segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CTN), apenas 12% das rodovias no Brasil são consideradas como ótimas.

Com um país de tamanho continental, difundiram-se então no Brasil os mais variados meios de transporte, nos cinco principais modais tais como o ferroviário, hidroviário e rodoviário. Com a necessidade de escoamento de produção e de locomoção, ao longo da história do Brasil, esteve em ascensões diferentes modais. Desde a década de 40, o modal prevalecente é o rodoviário, com quase 70% (ILOS, 2012) de toda produção nacional escoado por meio deste. Se tratando de um dos países que mais exportam em todo o mundo, deve-se estar preparado para o escoamento com uma grande infraestrutura.

Tendo em vista que o modal rodoviário é o mais utilizado, algumas rodovias se destacam em números de acidentes, tais como a BH-460, rodovia estadual que liga Luis Eduardo Magalhaes (BH) à Natividade (TO), que segundo a Polícia Rodoviária Federal (PRF) é a rodovia mais perigosa do Brasil, que só entre os meses de outubro de 2015 e setembro de 2016 foram registrados 125 acidentes graves e 13 mortes.

É necessário o entendimento completo das causas de um acidente, tendo como foco a máxima diminuição de sua incidência, a fim de preservar o maior número de possíveis vítimas, evitando ao máximo a exposição dos usuários a rodovias como a BH-460.

Com este estudo pretende-se levantar as possíveis causas de acidentes no local, bem como apontar possíveis medidas corretivas para diminuir o número de acidentes existentes em um trecho da PR-484, no quilômetro 109, conhecido como “curva do boi”, na cidade de Boa Vista da Aparecida-PR.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as possíveis causas de acidentes em um trecho da rodovia Félix Feiwisch Lerner (PR-484), do quilômetro 109, local conhecido como “curva do boi”.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Levantar os tipos de acidentes recorrentes no trecho do quilômetro 109.
- b) Pesquisar os acidentes ocorridos no local.
- c) Indicar medidas corretivas e preventivas para a diminuição do número de acidentes.

1.3 JUSTIFICATIVA

O Brasil é um dos campeões mundiais de acidentes viários, a julgar pelos índices comparados, expostos no título seguinte. Em 1997, realizou-se um estudo para analisar as estatísticas que se seguem, apoiadas em dados do SINET, DENATRAN e DETRANS, com o apoio de ABDETRAN e REDETRAN, foram registrados 327.600 acidentes rodoviários em todo o país, envolvendo 532.600 veículos quando a frota era de 28,3 milhões de veículos, o que revela um índice por mil veículos igual a 11,6 (calculado sobre o número de veículos acidentados esse número é 18,8). Analisando os mesmos números, por exemplo, em relação ao Estado de São Paulo, que tem 38% da frota nacional, chegando a um índice de 7,4 acidentes, 36% menor que a média brasileira. Por isso, é importante analisar estado por estado, onde também se oferecem os dados relativos aos acidentes e aos veículos acidentados nas capitais, já que a soma destes representa 38% do total nacional (BRANCO, 1999).

O cálculo do custo de um acidente é algo complicado. Pode ir simplesmente de um acidente sem nenhum dano para o veículo e, neste caso, o custo é apenas o de socorro (por

exemplo, um veículo desgovernado que encalha no canteiro central, sem colisão), até um acidente com vítima, e, neste caso, o cálculo tem que contemplar o valor de uma vida humana, o que não é tarefa fácil visto que esta estimativa vai muito além do valor de uma eventual indenização (BRANCO, 1999).

O nível de segurança da estrada depende tanto de sua construção, manutenção e operação, quanto de uma consciência de segurança. Os índices de acidentes, que indicam o nível de segurança de uma estrada, são calculados a partir de dados estatísticos. Esta estatística mostra o risco de uma viagem em determinada estrada, classificando-a em níveis de periculosidade. Devemos lembrar que um número estatístico (percentual) pequeno de acidentes em relação ao tráfego, pode não significar um número pequeno de acidentes. A segurança rodoviária é, pois, um conceito relativo. Pode-se, portanto, buscar sempre um aumento de segurança, o que importa em maiores investimentos e custos (BRANCO, 1999).

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quais são os principais fatores causadores de acidentes no trecho conhecido como “curva do boi” na PR-484, em Boa Vista da Aparecida, região oeste do estado do Paraná?

1.5 FORMULAÇÕES DA HIPÓTESE

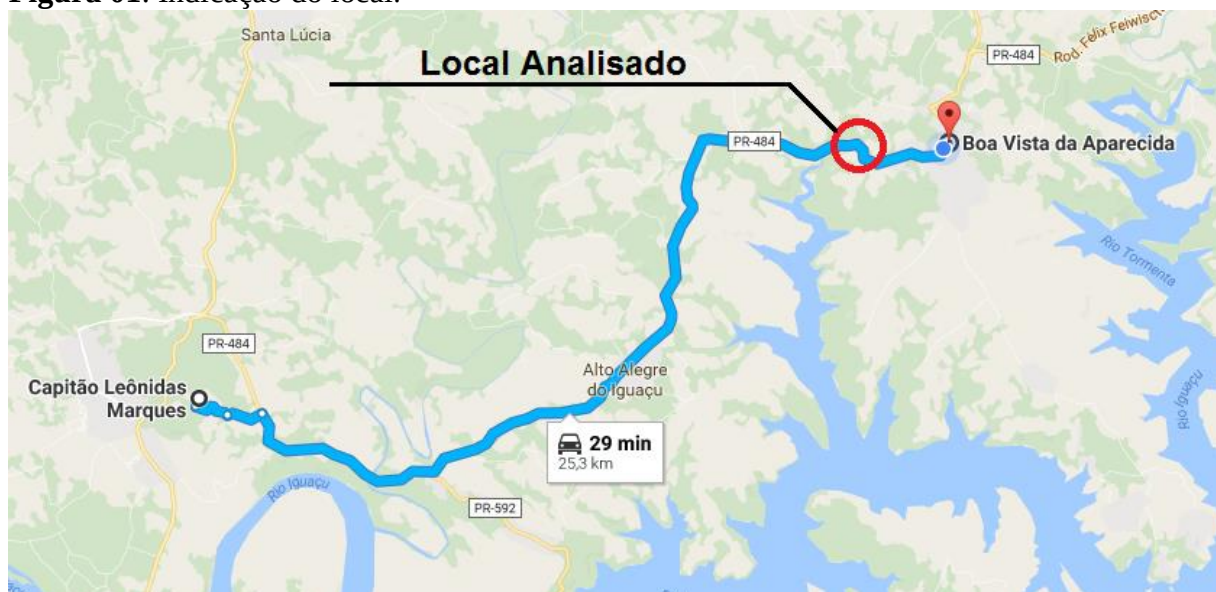
Os Acidentes são causados em sua maioria pela imprudência dos condutores, mas o fator do projeto da rodovia tem uma grande influencia na soma de fatores para a ocorrência de acidentes. É necessário ter uma rodovia de qualidade, com sinalização adequada para evitar ao máximo os acidentes.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada ao levantamento das possíveis causas de acidentes em um trecho da PR-484 conhecido como curva do boi, localizado entre a cidade de Boa Vista da Aparecida e Capitão Leônidas Marques, Paraná, como mostrado na Figura 01.

O levantamento das possíveis causas foi realizado por inspeção visual do local, bem como um levantamento na quantidade de acidentes e um comparativo com a rodovia executada e as normas em vigor. Restringe-se esta pesquisa ao reconhecimento das causas e sugestão do método corretivo.

Figura 01: Indicação do local.



Fonte: Google maps (2017).

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um acidente de trânsito em rodovias é uma ocorrência que afeta diretamente o usuário da via, que envolve aspectos com perda de bens materiais, incapacitação física ou até mesmo a morte, podendo haver danos psicológicos de difícil recuperação.

Segundo o Departamento Nacional de Trânsito (2004), os principais tipos de acidentes são caracterizados por: Colisão, Saída de pista, Abalroamento, Choque com objetos fixos, Atropelamento, Capotagem e Tombamento.

2.1.2 Defeitos, Avaliação Funcional e Aderência

A funcionalidade adequada está diretamente ligada a fatores como tipo de tráfego, bem como o conforto dos usuários da rodovia. É possível observar que o desafio do engenheiro responsável é projetar um pavimento com vida útil adequada, cumprindo as demandas estruturais e funcionais, sempre utilizando o menor custo possível.

É comum, para pessoas leigas, acreditar que o bom funcionamento de uma pista de rolagem dá-se pelo bom estado superficial, pois é nessa camada onde as irregularidades e defeitos são mais percebidos. Quando o conforto do usuário é então prejudicado, significa que o dano estará presente também no veículo, aumentando os custos operacionais, relacionado a manutenção, consumo de pneus, combustíveis e aumentando o tempo de viagem.

2.1.3 Valor de Serventia Atual

Segundo Senço (2008), é uma atribuição numérica dos usuários a uma via, as quais avaliam o desempenho da mesma dando notas no valor de 0 a 5. A média dos valores é utilizada para determinar o Valor de Serventia Atual (VSA), como ilustrado na tabela abaixo.

Tabela 01: Valor de Serventia Atual.

Padrão de conforto ao rolamento	Avaliação média dos usuários
---------------------------------	------------------------------

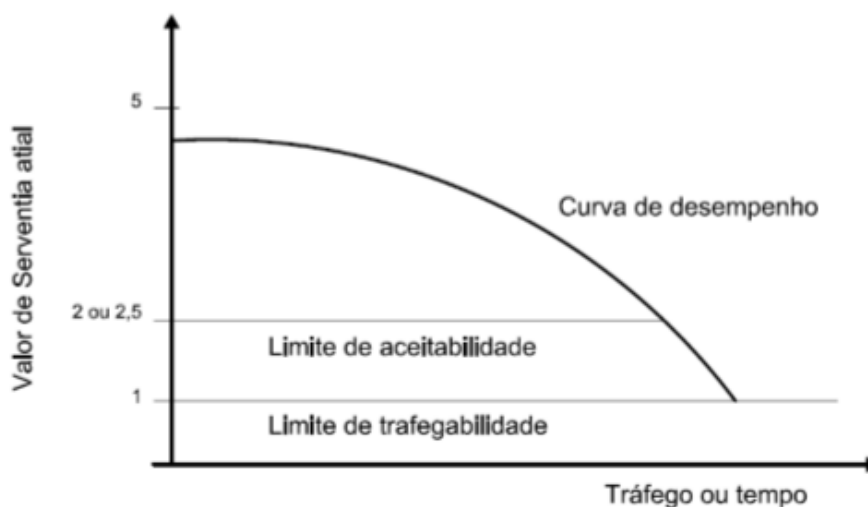
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: DNIT (2004).

Na prática, quando o pavimento é de alta qualidade e está no seu estado íntegro, ou seja, logo após a construção do pavimento, sem nenhuma irregularidade ou defeitos é então atribuído um valor de serventia atual como 5, o qual não é encontrado na prática.

O lapso temporal e o clima acelera a deterioração do pavimento, pois a água da chuva pode provocar queda na capacidade de suporte e o uso causa desgaste do pavimento. Para possibilitar um uso adequado das rodovias, o DNIT recomenda um valor de VSA igual ou superior a 2 para vias de pouco tráfego e 2,5 para vias de grande volume de tráfego.

Figura 02: Curva de variação da serventia.

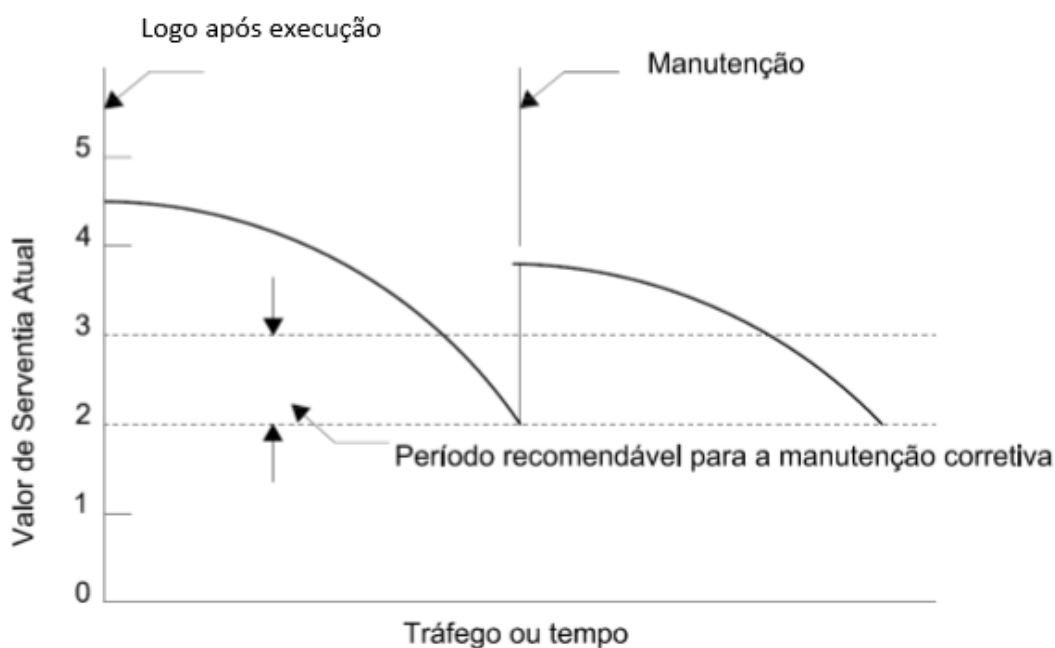


Fonte: DNIT (2004).

A norma de desempenho do DNIT recomenda que após o início do uso de uma via, quando o valor de serventia atual atinge o limite de aceitabilidade, uma intervenção deve ser realizada para que haja a reposição do VSA, de modo a criar um prolongamento do tempo em que o mesmo permanece em uma condição aceitável de rolamento.

Caso não haja manutenção do revestimento, ou ela seja feita de maneira inadequada, o pavimento pode atingir o limite de trafegabilidade, situação na qual se torna necessária sua reconstrução. Este limite depende dos padrões estabelecidos, estando geralmente próximo ao VSA igual a 1,0 conforme Figura 3 a seguir. Após manutenção corretiva, o valor da serventia eleva-se novamente, podendo atingir valores maiores, iguais ou menores que o da serventia inicial do pavimento.

Figura 03: Recomendação de manutenção de pavimentos.



Fonte: DNIT (2004).

2.1.4 Classificação e dados dos acidentes

De acordo com Mantovani (2004), os acidentes de trânsito podem ser classificados em com ou sem vítimas. Estes podem ou não ser fatais, produzindo apenas ferimentos nas pessoas envolvidas. Os acidentes sem vítimas são aqueles que causam apenas o dano material. Os acidentes são geralmente classificados em:

- a) Atropelamento: Caracterizado como um acidente de pedestres, podendo envolver animais ou bicicletas e um veículo.
- b) Colisão: Ocorre quando dois ou mais veículos em movimento se chocam, pode ser traseira, frontal, lateral, longitudinal e transversal.

c) Capotamento: Ocorre quando o veículo gira em torno de um de seus eixos e o teto do veículo entra em contato com o solo pelo menos uma vez durante o acidente.

d) Choque: Quando um veículo em movimento colide com um objeto ou obstáculo fixo.

e) Engavetamento: Colisão de dois ou mais veículos que estão trafegando no mesmo sentido, podendo ser frontal ou traseira.

f) Tombamento: Ocorre quando uma das laterais do veículo tomba, repousando sobre o solo.

g) Outros: Uma combinação pode ocorrer quando dois ou mais tipos acontecem em um mesmo acidente. Para entender as causas dos acidentes de trânsito se faz necessário analisar as estatísticas baseando-se no registro de acidentes de tráfego (MANTOVANI, 2004). São frequentes as descontinuidades nos registros de acidentes e armazenamento não digital dos dados, a situação da vítima só é registrada no momento do acidente, gerando um problema relativo ao tratamento da segurança baseada nessas informações (DIESEL, 2009).

2.2 CARACTERIZAÇÕES DAS VIAS QUE PODEM AFETAR A SEGURANÇA

Senço (2008) cita a influência do fator humano nos acidentes de trânsito quando descrevem como funcionam as ações de controle que os usuários devem ter ao receber uma informação da via. Segundo o autor o motorista deve ser capaz de receber e também avaliar as respostas decidindo qual é a melhor ação a ser tomada. Essa capacidade de reação aos estímulos exteriores se destaca se atribui aos elementos de sinalização que são os responsáveis por fornecer as informações necessárias para o desempenho do motorista.

Acredita-se também que as características geométricas da via são as que mais afetam as condições de segurança, afetando principalmente na habilidade do motorista em identificar características perigosas da via, conflitos, as consequências de uma saída de pista de um veículo desgovernado, o comportamento e a atenção dos motoristas. Segundo DNIT (2004), os locais críticos mais comuns para a ocorrência de acidente são as travessias urbanas, interseções, pontes estreitas e curvas acentuadas.

Conclui que um bom desempenho do motorista depende das combinações das características da via, sinalização vertical e horizontal, da homogeneidade dos elementos de

projeto, como curvas e velocidades e também da definição de prioridades de circulação. Quando esses elementos estão implantados de forma coerente as normas regulamentadoras, mostram-se seguras para a trafegabilidade dos usuários.

2.3 CAUSAS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO E FATORES CONTRIBUINTES

Atualmente o conceito de causa de acidentes foi substituído por fatores contribuintes, visto que os acidentes são resultados da ação simultânea de uma série de fatores, é possível detectar os contribuintes para a sua ocorrência e não a causa propriamente dita. Para um nível satisfatório de segurança é ideal encontrar um equilíbrio entre o veículo, o condutor e a infraestrutura. Destaca-se também que o fator humano está presente em 90% dos casos e algumas pesquisas demonstram que esse componente é o maior responsável pelos acidentes. Todavia, é ressaltado que os fatores que favorecem a ocorrência do acidente podem ou não ser obrigatoriamente, as causas que compõem contramedidas com melhores relações custo/benefício (SENÇO, 2008).

Na prática, a solução mais eficiente pode não estar relacionada com o principal motivo do acidente, podendo até mesmo incidir sobre os elementos diferentes daquele que ocasionou.

2.4 VELOCIDADE DIRETRIZ

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2004), a velocidade diretriz é a aquela velocidade básica para a fixação das características do projeto. Está, assim, relacionada com as características geométricas da via.

Na operação, é a velocidade máxima que a via pode comportar, garantindo conforto e segurança. O usuário, operando dentro do limite de velocidade fixado pela velocidade diretriz, estará gozando das garantias que o projeto estabeleceu, em função dessa velocidade.

Circunstâncias locais, no entanto, poderão exigir a fixação de uma velocidade máxima para o tráfego, inferior à velocidade diretriz, geralmente em locais de pontos críticos. As velocidades diretrizes a serem utilizadas são dadas pela Tabela seguinte.

Tabela 02: Velocidades Diretrizes.

REGIÃO	CLASSE ESPECIAL	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE II
Plana	100	100	80	80
Ondulada	80	80	60	40
Montanhosa	60	60	40	30

Fonte: DNIT (2004).

2.5 RAI0 MÍNIMO

As estradas de rodagem não devem ser consideradas, quanto ao traçado em planta, nem uma sucessão de tangentes com curvas de concordância nem em uma sucessão de curvas com tangentes de ligação. Com boa dosagem entre retas e curvas, com maior adaptação às condições do terreno, depende o sucesso no traçado escolhido. No que se refere às curvas horizontais, o primeiro elemento que deve ser fixado é o raio mínimo, pois a força centrífuga que age nas curvas, depois já definida a velocidade, passa a ser função desse raio (SENÇO, 2008).

A força centrífuga, que atua em curvas, tende a deslocar o veículo para o lado externo da mesma. Para se equilibrar essa força deve-se manter o veículo circulando em uma curva, com as mesmas condições de tangente, sendo assim, é necessário contar-se com o atrito lateral entre o pneu e o pavimento e com mais uma força, que é função da inclinação para dentro que se dá à pista. Essa força é a componente do peso, na direção e em sentido contrário à força centrífuga (SENÇO, 2008).

$$F_t = F - A$$

Admitindo que as forças estejam alinhadas, podemos utilizar apenas os módulos:

Tabela 03: Recomendação de manutenção de pavimentos.

Velocidade diretriz (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Valores de F	0,165	0,158	0,152	0,146	0,140	0,133	0,127	0,121	0,115

Fonte: DNIT (2004).

A tangente do ângulo α ($\text{tg } \alpha$) chama-se superelevação máxima para a curva de raio “R”. Quando dada em porcentagem, pode ser representada por “I” e é assim que é informado nas tabelas de superelevação.

Variando-se os valores de “V” e, conseqüentemente os de “F”, pode-se então calcular o raio mínimo de curvatura horizontal para cada valor de “Ft”. Valores, com algumas aproximações, na tabela a seguir.

Tabela 04: Raios mínimos para superelevação.

VELOCIDADE DIRETIZ (KM/H)	RAIOS MÍNIMOS PARA SUPERELEVAÇÃO (m)				COEFICIENTE DE ATRITO “F”
	6%	8%	10%	12%	
40	56	51	44	43	0,165
50	90	83	76	71	0,158
60	134	122	113	104	0,152
70	187	171	157	145	0,146
80	252	229	210	194	0,140
90	326	295	270	249	0,133
100	421	380	347	319	0,127
110	525	474	431	395	0,121
120	653	582	527	483	0,115

Fonte: DNIT (2004).

A tabela 05 nos informa os valores de raio mínimos de acordo com o relevo topográfico.

Tabela 05: Raios mínimos de superelevação por relevo.

REGIÃO	CLASSE ESPECIAL (m)	CLASSE I (m)	CLASSE II (m)	CLASSE III (m)
Plana	430	340	200	110
Ondulada	280	200	110	50
Montanhosa	160	100	30	60

Fonte: DNIT (2004).

Os valores para Classe Especial são dados admitindo-se:

- a) inexistência de atrito entre os pneus e o revestimento da pista de rolamento;
- b) inclinação transversal - superelevação - de 1%
- c) velocidade diretriz igual a 75% da velocidade correspondente para a Classe I.

Os valores para as Classes I, II e III são dados admitindo que:

- a) coeficiente de atrito entre os pneus e a pista de rolamento.
- b) inclinação transversal de 8%.
- c) velocidades diretrizes com os valores que são correspondentes à Classe e à Região.
- d) Raio tentativo.

Nos projetos, se deve então utilizar o raio mínimo, em caso de absoluta necessidade, pois esse raio mínimo representa uma solução limite entre infinitas soluções.

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2004), para dar início o valor do raio de uma curva, pode-se lançar mão de diversos valores para o raio, sempre procurando os mais amplos e cabíveis para os casos. Para situações que exigem uma escolha em uma faixa de valores próxima do raio mínimo, deve-se tentar encaixar um raio de curvatura de 1,5 a 2 vezes esse raio mínimo.

Além da maior atenção que os trechos em curva exigem dos motoristas, estudos sobre o consumo de combustível indicam que esse consumo é maior que em trechos retos. Os dados apresentam valores das velocidades desenvolvidas nas curvas e as diferenças do consumo de combustível dadas em cm/porcentagem tomando como base um veículo comercial.

2.6 LARGURAS DAS FAIXAS DE ROLAMENTO

Da mesma maneira que nas rodovias, nas vias urbanas, para o tráfego seguro de uma fileira de veículos, ou seja, uma faixa de tráfego pode-se adotar a largura desejável e 3,50 metros entre bordos. Essa largura deixa uma margem segura para os desvios normais do deslocamento longitudinal dos veículos comerciais e, assim, dos veículos de passageiros. Os valores recomendados de largura de faixas de rolamento são apresentados na Tabela seguinte.

Tabela 06: Largura de faixas de rolamentos

Classe da Via	Mínima (m)	Máxima (m)	Desejável (m)	OBS:
Via Expressa	3,50	3,75	3,60	
Rápidas	3,50	3,75	3,60	Vel. 60-80 km/h
Moderadas	3,30	3,60	3,50	Vel. 50-60 km/h

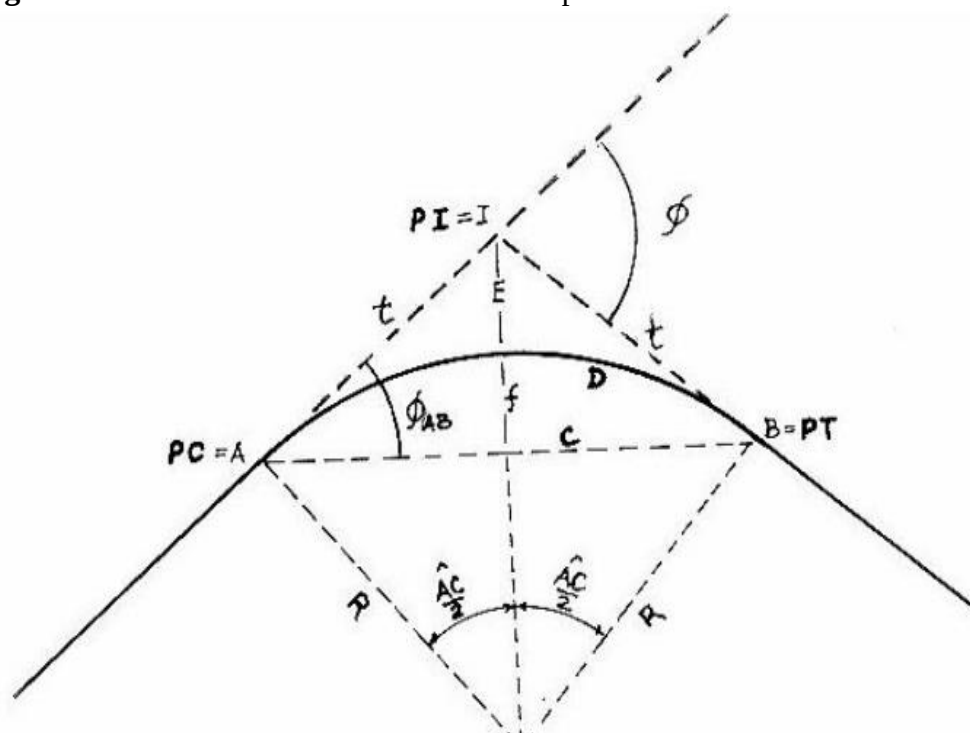
Fonte: DNIT (2004).

Nos trechos em curva, deve-se considerar o acréscimo da superlargura, principalmente para vias com número significativo de veículos comerciais na corrente de tráfego. A correção de largura tem o mesmo objetivo: dar aos trechos em curva, em termos de segurança, as mesmas condições que os trechos de traçado reto.

2.7 IDENTIFICAÇÕES DOS PONTOS E ELEMENTOS DE UMA CURVA

Segundo o DNIT, para a elaboração de um projeto geométrico de uma curva em uma rodovia, deve-se então identificar dados característicos da mesma, como mostra na figura 06.

Figura 06: Elementos uma curva circular simples.



Fonte: DNIT (2004).

Sendo que:

PC = Ponto de curva: é o ponto onde ocorre o contato entre o fim da tangente e o começo da curva circular. É o ponto de início da curva.

PCD = Ponto de curva a direita: É o ponto de curva a qual é identificado que o desenvolvimento se dá a direita da tangente.

PCE= Ponto de curva a esquerda: É o ponto de curva onde se identifica que o desenvolvimento se dá a esquerda da tangente.

PT= Ponto de Tangente: É o ponto de contato entre o fim de uma curva circular e o local de começo da tangente seguinte. Ponto final da curva.

PI= Ponto de inserção: É o ponto onde ocorre a intercepção das tangentes que serão concordadas pela curva.

ϕ = Deflexão: É o ângulo formado entre o prolongamento de um alinhamento e o alinhamento seguinte, com orientação do sentido direto ou esquerdo de medida.

T= Tangentes Externas: São os seguimentos retos das tangentes originais de uma curva, compreendidos entre o PC e o PI.

C= Corda: É a distância reta entre os pontos PC e o PT.

C_b = Corda Base: É uma corda de comprimento pré-estabelecido, podendo ser 50, 20, 10 ou 5m, dependendo diretamente do raio da curva.

D = Desenvolvimento: É o comprimento do arco de curvatura, do ponto PC ao ponto PT, medido em função da corda base adotada e suas frações.

E = Afastamento: É a distancia correspondida entre o PI e a curva, medida sobre a reta que une o PI ao centro da curva.

F = Flexa: É a distancia correspondida entre o ponto médio do arco da curva e sua corda, medida sobre a reta que une o PI ao centro da curva.

R = Raio da curva: É a distância do centro da curva até ponto PC ou PT.

AC = Ângulo Central: É o angulo formado pelos raios que passam entre os extremos do arco da curva.

ϕ_c = Deflexão da corda: É o angulo formado entre primeiro alinhamento reto e a corda.

ϕ_{cb} = Deflexão da corda base: É a deflexão da corda base, sempre adotada em relação á primeira tangente.

2.8 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Segundo a norma DNIT 005/2003, que tem por objetivo a padronização das terminologias usada para classificar defeitos em pavimentos flexíveis diz que:

2.8.1 Trincas

2.8.1.1 Trinca transversal

È caracterizada como um trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm pode ser denominado como trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se então como trinca transversal longa.

2.8.1.2 Trinca longitudinal

É uma Trinca a qual é isolada e que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominado como trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se como trinca longitudinal longa.

2.8.1.3 Trinca tipo “Couro de Jacaré”

È o um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de um couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar erosão acentuada nas bordas.

2.8.2 Afundamento

É a deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo haver a ocorrência de solevamento, podendo até apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

2.8.3 Panela ou buraco.

É uma cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação da camada do revestimento.

2.9 NOMENCLATURA

Pista de rolamento: É a parte da rodovia destinada ao transito de veículos.

Faixa de trânsito: Porção da pista cuja largura permite a circulação de veículos em fila única com segurança.

Greide: É a inclinação longitudinal em relação a horizontal.

Superlargura: É uma largura adicional dada á pista nos trechos de ocorrência de curva com a função de assegurar ao tráfego condições de segurança e comodidade.

Superelevação: É a inclinação transversal das pistas nas curvas horizontais, para compensar o efeito da força centrífuga sobre os veículos.

Abaulamento: Declividade transversal da superfície da estrada para escoamento de água.

2.10 COMPRIMENTOS DE TRANSIÇÃO (Lc)

Segundo Senço (2008), para compensar essa força centrífuga, temos que ter a componente de compensação do peso na mesma direção e em sentido contrário, obtida pela superelevação dada e pelo atrito entre o pneu e o pavimento. A aceleração centrípeta resultante dessa inclinação para o lado interno é:

$$L_c = 0,036 \frac{V^3}{R}$$

Sendo que:

V= Velocidade Diretriz da via (km/h).

R= Raio de curvatura (metros).

2.11 SUPERLARGURA

Superlargura é uma largura adicional dada ás pistas nos trechos de incidência de curva de modo a assegurar ao usuário condições de segurança e comodidade. De acordo com o manual de projetos geométricos de rodovias rurais- IPR/ DNER – 1999, superlargura é determinada pela formula:

$$\Delta = n (R - \sqrt{(R^2 - b^2)} + (V/10\sqrt{R}))$$

Onde:

Δ = A largura, em metros.

n= Número de faixas de tráfego de uma pista

R= Raio de curvatura do eixo da pista, em metros.

V= Velocidade diretriz, em quilômetros por hora.

b= A distancia, em metros, entre os eixos da parte rígida do veículo e que normalmente considera-se igual a 6m.

2.12 SUPERELEVAÇÃO

Superelevação é o nome da inclinação transversal da pista nas curvas, feitas em torno do bordo de referência, de modo a assegurar ao tráfego condições adequadas de segurança e conforto.

A mudança das condições de inclinação transversal nas curvas para as condições de pista tangente e é distribuída ao longo da espiral de transição, crescendo gradativamente e girando em torno do bordo de referência, segundo a fórmula:

$$I = 0,0044 \times \frac{V^2}{R} - f$$

Onde:

I= É o valor de superelevação, em porcentagem.

V= Velocidade diretriz, em quilômetros por hora.

R= Raio de curvatura, em metros.

f= Valores de atrito lateral, Tabela 03.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

O presente trabalho enquadra-se como um estudo de caso, sendo pesquisa de campo com um estudo que possa permitir o seu amplo e detalhado conhecimento. O principal objetivo desse estudo de caso foi a análise das prováveis falhas na concepção do trecho ligando o mesmo a ocorrência de acidentes na rodovia, apontando as intervenções que possibilitarão a redução de sua eventualidade. Para o levantamento de dados foi então selecionado um trecho da Rodovia Estadual PR-484 com um grande número de acidentes, conhecido popularmente como “Curva do Boi” e situado no quilômetro 109, na cidade de Boa Vista da Aparecida.

3.1.1 Identificação do gestor administrativo do trecho

Foi encaminhada uma solicitação junto ao DER (Departamento de Estradas de Rodagem), pedindo informações da empresa responsável pelo segmento a ser analisado.

3.1.2 Acidente

Foi requerido junto ao DER a quantidade de acidentes ocorridos no quilômetro 109, em no intervalo de tempo disponível, a partir da construção da via.

3.1.3 Tráfego

Foi requerido o VMA (Volume Médio Anual) de tráfego junto ao DER para a verificação da adequação da curva nos padrões atuais.

3.1.4 Procedimento de coleta de dados

Os dados foram coletados através de observação direta do trecho selecionado da rodovia e registro fotográfico. Com o auxílio de informações técnicas, foi realizada uma visita ao trecho considerado, executando as medições necessárias, para demonstrar as principais características geométricas.

3.1.5 Análise objetiva do segmento

Foi analisado o segmento conhecido como “curva do boi”, inserida em um local próximo a uma área industrial na cidade de Boa Vista da Aparecida no estado do Paraná.

3.1.6 Análise dos dados

3.1.6.1 Associação das quantidades totais de acidentes com volume de tráfego.

Após a compilação dos dados que foram obtidos em campo e dos dados fornecidos pela empresa responsável, foi analisada a quantidade de acidentes e o volume de tráfego, verificando se as condições da via se adequam a norma e a solicitação dos usuários.

3.1.6.2 Segregar e quantificar acidentes por tipologia

Para obter resultados mais confiáveis, foi realizado um filtro com auxílio de planilhas do *Excel* em todos os acidentes ocorridos, separando-os por tipo de acidentes como mostra a Tabela 7.

Tabela 07: Quantitativo de acidentes.

ANO	TIPOS DE ACIDENTES														
	Atropelamento	Abalroamento mesmo sentido	Abalroamento sentidos	Abalroamento transversal	Atropelamento animal	Capotamento	Choque com objetos fixos	Choque com veículos	Colisão frontal	Colisão traseira	Saída de pista	Tombamento	Queda de motocicleta	Outros tipos de acidentes	Engavetamento

Fonte: Autor (2017).

3.1.6.3 Comparação com as normas vigentes

Foi feita uma comparação do projeto da rodovia e as medidas obtidas no local com os valores fornecidos por Senço(2008) e também com as normas vigentes fornecidas pelo DNIT.

3.1.6.4 Associar tipologia de acidentes a falhas na concepção da rodovia

A partir da interpretação das planilhas e dos gráficos dos acidentes, foi classificado o tipo de acidente, e se possui alguma correlação com o projeto geométrico da via. Assim, foi possível analisar a influência da concepção da via como fator contribuinte na ocorrência de acidentes.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Buscou-se primeiramente a caracterização do local descrevendo as suas características como um ponto crítico de acidentes. Após a descrição do local, foram apresentados os detalhes das principais características por meio de registro fotográfico e medições *in loco*, a fim de identificar possíveis fatores que possam de alguma maneira ter influenciado nos níveis elevados de acidentes no local, destacando defeitos na pavimentação e também no entorno local de estudo.

De acordo com a metodologia descrita, os dados dos acidentes fornecidos pela concessionária foram tabelados e através de um diagnóstico das tabelas geradas, realizou-se o comparativo com os dados informados, a fim de apontar fatores que poderiam ter influência para a ocorrência dos acidentes. A partir da análise do trecho e dos dados dos acidentes foi possível estudar os pontos críticos reconhecendo a possível relação das características da rodovia com a ocorrência de acidentes, descrevendo os resultados obtidos.

4.1.1 Análise do segmento

O trecho de referência apresenta cerca de 900 metros de extensão com geometria sinuosa em topografia acidentada. O trecho compreende cinco curvas, sendo elas quatro curvas com valores dos raios de curvatura horizontais altos e são consideradas curvas circulares simples. A curva restante se trata do local onde ocorrem mais acidentes, é a curva com menor raio de curvatura. O local também apresenta vários acessos á estradas rurais e a propriedades que estão situadas em torno do local. Segue abaixo um quadro com as características técnicas do alinhamento horizontal das curvas, assim como fotos da região.

Figura 07: Indicação das curvas.



Fonte: Google maps (2017).

Para identificação das curvas, as mesmas foram enumeradas de 1 a 5 no sentido da esquerda para a direita, seguindo o trajeto da rodovia.

Figura 08: Curva 01.



Fonte: Google maps (2017).

Figura 09: Curva 02.



Fonte: *Google maps* (2017).

Figura 10: Curva 03.



Fonte: *Google*, 2017.

Figura 11: Curva 04.



Fonte: Autor (2017).

Figura 12: Curva 05.



Fonte: Autor (2017).

O local também apresenta vários acessos á propriedades particulares e estradas rurais, como pode ser visto na Figura 13, a rodovia não apresenta acostamento nem pontos de parada para realizar a travessia para acessar as estradas rurais e propriedades particulares.

Figura 13: Indicação dos acessos.



Fonte: Google maps (2017).

4.1.2 Condição de conservação

Foram efetuados registros fotográficos no local na data do dia 20 de agosto de 2017, a fim de identificar marcas de desgastes e identificando se há possibilidade dos mesmos ter alguma influência sobre o motorista para a ocorrência dos acidentes. No local, foram identificadas várias marcas de desgastes decorrentes da utilização na pista e também na proteção lateral da rodovia, oriunda de acidentes e falta de manutenção.

Figura 14: Trinca tipo “couro de jacaré”.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 15: Marcas de desgaste.



Fonte: Autor, 2017.

Figura 16: Proteção da rodovia danificada.



Fonte: Autor, 2017.

Observou-se então que se trata de uma rodovia de pavimento flexível e também que a rodovia apresenta algumas patologias que influenciam no seu estado de conservação, como algumas marcas de desgastes e sendo necessária uma manutenção corretiva da mesma. Notou-se também que o *Guard Rail* não está adequado ao uso, devido às colisões de veículos, sendo assim, faz-se necessário a substituição deste tipo de proteção por uma nova.

4.2 PROJETO GEOMÉTRICO DA RODOVIA

Solicitou-se a ao Departamento de Estradas e Rodagem (DER) o projeto geométrico da rodovia e estaqueamento da mesma (Anexo 01), Cotas de nível e cortes da pista de rolagem (Anexo 02), do trecho a ser estudado.

A partir de imagens de satélite foi então realizado um levantamento topográfico georreferenciado que identificou as curvas de nível do local, que foram distribuídas entre

desníveis de 1 metro, a fim de identificar os relevos topográficos do trecho, como mostram o Anexo 03.

Tendo então como base o projeto geométrico da rodovia, e o auxílio de *Software*, podem-se identificar as características geométricas da curva 04, denominada como “curva do boi”, como informado a seguir:

Angulo Central = $61^{\circ}13'56''$

Tangente Externa= 29,630320.

Raio: 50,070m.

Desenvolvimento = 53,510m.

Foi identificado que a curva em questão trata-se de uma curva simples, ou seja, apenas um raio e uma tangente.

4.3 ACIDENTES

Foi requerido junto ao DER, uma estatística de acidentes ocorridos no local, que foi informada por meio de relatórios de acidentes, como mostra o Anexo 04, os quais são indicados os dados das ocorrências, tais como data, condutores e a tipologia dos acidentes. Foram então compilados todos os relatórios de acidentes em forma de tabela para análise, podendo assim identificar os acidentes mais frequentes no local.

Foram informados dados entre agosto de 2013 e julho de 2014. Os acidentes somados resultaram em nove ocorrências, quatro pessoas feridas e duas pessoas mortas, conforme Tabela 08.

Tabela 8: Tipologia dos acidentes.

DATA	TIPOS DE ACIDENTES															
	Atropelamento	Abalroamento mesmo sentido	Abalroamento sentidos opostos	Abalroamento transversal	Atropelamento animal	Capotamento	Choque com objetos fixos	Choque com veículos estacionados	Colisão longitudinal	Colisão frontal	Colisão traseira	Saída de pista	Tombamento	Queda de motocicleta	Outros tipos de acidentes	Engavetamento
04/08/2013									x							
13/12/2013										x						
22/05/2013							x									
29/04/2013						x										
13/02/2013							x									
22/06/2014							x									
25/06/2014													x			
21/01/2014						x										
15/07/2014						x										
TOTAL	0	0	0	0	0	3	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0

Fonte: DER (2017).

Nota-se que os acidentes enquadrados como choque em objetos fixos se trata de colisão com a proteção da curva (*Guard Rail*). Se trata de uma área rural e como mostrada nos registros fotográficos, o local não apresenta objeto fixo além da proteção disposta no local.

4.4 VOLUME MÉDIO DIÁRIO

Volume médio diário é uma informação muito importante para o dimensionamento de uma rodovia. Sabe-se que o VMD é a quantidade e a tipologia dos veículos que trafegam em uma rodovia, sendo assim, deve-se dimensionar a mesma a fim de suprir a necessidade a longo prazo desses usuários.

Foi pedido junto ao DER o volume médio anual da rodovia, o mesmo disponibilizou o TMDA - Tráfego médio diário anual do trecho, que foi sintetizado na forma da Tabela 09. Os dados disponibilizados pelo departamento foram coletados no dia 15 de julho de 2008, no trecho 592S0020EPR - USINA DE SALTO CAXIAS (B) - ENTR. PR/484, conforme tabela 09. Para encontrar o valor do VMD, necessita-se aplicar valores de equivalência, transformando todos os veículos em Unidades Carro de Passeio (UCP), fornecidos pelo DNIT, como mostrado na Tabela 10.

Tabela 09: Tráfego médio diário anual.

VEÍCULO		TMDA
MOTO		31
VEÍCULO		601
ONIBUS	2 EIXOS	9
	3 EIXOS	6
	4 EIXOS	0
CAMINHÕES	2 EIXOS	63
	3 EIXOS	71
	4 EIXOS	0
CARRETAS	3 EIXOS	3
	4 EIXOS	0
	5 EIXOS	19
	6 EIXOS	30
	7 EIXOS	35
	>7 EIXOS	0
TOTAL		868

Fonte: DER (2017).

Tabela 10: Calculo de VMD.

TIPO	FATOR EQUIVALÊNCIA	QUANTIDADE	EQ. UCP
UCP	1	601	601
ONIBUS	3	15	45
CAMINHÃO	2,8	134	375,2
REBOQUE	3,75	86	322,5
MOTO	0,33	31	10,23
TOTAL			1353,93

Fonte: Autor (2017).

4.5 CLASSES DE PROJETO

A rodovia possui 85,6 km, com VMD de 1353,93, ligando a cidade de Quedas do Iguaçu à Capitão Leônidas Marques e passando pelas cidades de Três Barras do Paraná e Boa Vista da Aparecida.

Segundo o DNIT(2004), a classificação de uma rodovia deve ser feita pelo Volume Médio Diário de veículos, como mostrado na Tabela 11:

Tabela 11: Classificação de rodovias

CLASSE DE PROJETO		CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA
0		Via expressa	Decisão Administrativa
I	A	Pista Dupla – Controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia de pista simples abaixo do nível “C”
	B	Pista Simples	Volume horário de projeto VHP >200 Volume médio diário VMD > 1400
II		Pista Simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400
III		Pista Simples	Volume médio diário VMD 300-700
IV		Pista Simples	Volume médio diário VMD >300

Fonte: DNIT (2004).

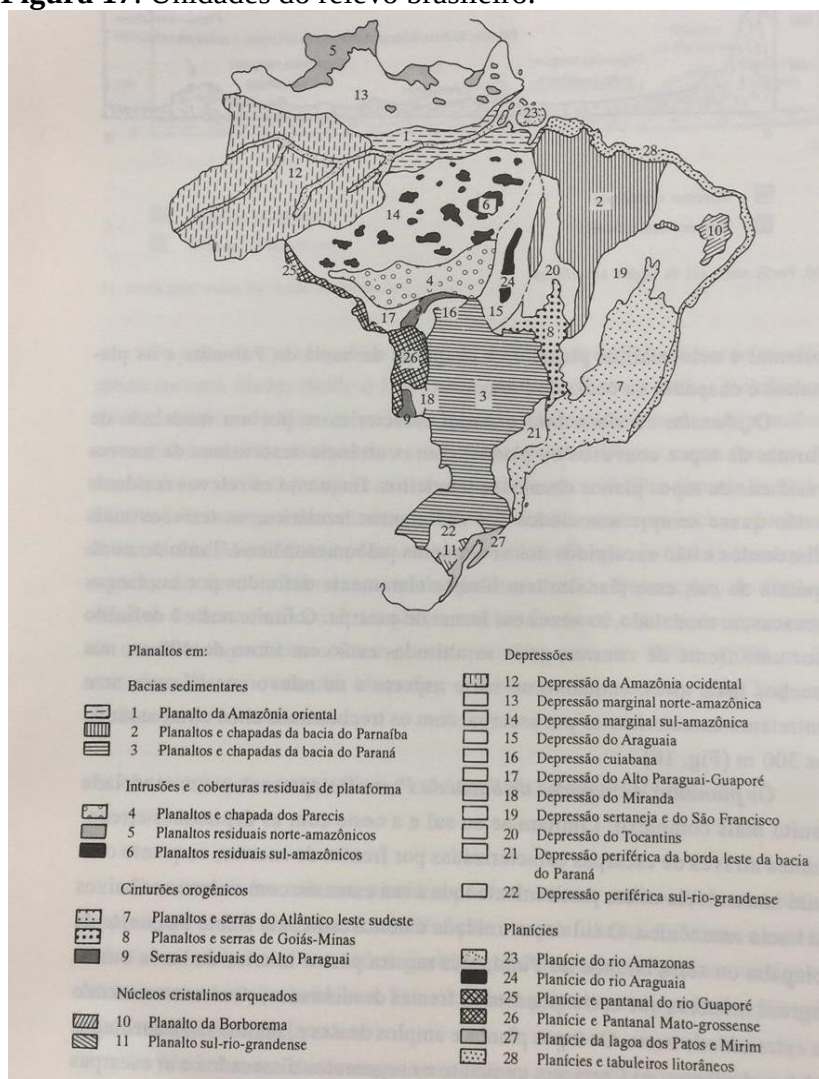
Pode-se classificar a rodovia como Classe de projeto II, pista simples com tráfego médio diário bidirecional e VMD entre 700 e 1400 de veículos mistos.

4.6 CLASSIFICAÇÕES DO RELEVO TOPOGRÁFICO

Ross (1998) classifica o relevo brasileiro em três diferentes tipos de unidades de relevo: planalto, depressões e planície.

- Planaltos: São constituídos por coberturas sedimentares residuais de diversos ciclos erosivos e por um pontilhado de serras e morros isolados. Pode-se considerar uma região ondulada topograficamente, pois apresenta presença de morros de pequenas e médias altitudes e também de áreas planas.
- Depressões: Apresentam características marcantes por serem geradas por processos de erosão com grande atuação, principalmente nas bordas das bacias sedimentares. São terrenos montanhosos que apresentam grandes altitudes.
- Planícies: São regiões planas onde os relevos que se enquadram em áreas essencialmente planas geradas por deposição de sedimentos recentes de origem marinha, lacustre ou fluvial.

Como mostrado na Figura 17, localiza-se a região da cidade de Boa Vista da Aparecida no mapa representado, que foi enquadrada na região 3, corresponde à região como planaltos e chapadas da bacia do Paraná. Sendo assim, classifica-se a região da localização da PR-484 como região ondulada, a fim de concluir o objeto de estudo deste trabalho.

Figura 17: Unidades do relevo brasileiro.

Fonte: Ross (1998).

4.7 ÍNDICES DE SERVIENTIA

Foi efetuada uma consulta com os moradores da região, em que os mesmos responderam um questionário sobre a “Curva do Boi”. O questionário em anexo solicitava que os entrevistados respondessem avaliando o local, como motoristas. Foram questionados sobre a frequência que utilizam a BR-484, no referido trecho. Também foi pedido aos motoristas que atribuísssem possíveis causas para os acidentes no local, podendo escolher mais de uma opção. Também foi solicitado que fosse atribuído uma nota para o nível de serventia

do local, sendo 0 como intransitável e 10 como uma condição perfeita de trafegabilidade (anexo 5).

Os resultados foram:

Dos 32 entrevistados, 31,2% dos entrevistados usam a via às vezes, 46,9% usam frequentemente, e 21,9% usam a rodovia diariamente.

Quando questionados sobre as atribuições da culpa dos acidentes, as maiores quantidades de atribuição se deram para “falhas na construção da rodovia” e “A curva joga o carro para fora da pista”, seguido pela “falta de proteção da rodovia”, como mostrado na Tabela 12.

Tabela 12: Respostas do questionário.

TIPO	QUANTIDADE	%
Não reconheço	0	0%
Falta de sinalização	18	40,65%
Buracos	3	9,38%
Fissuras/rachaduras	1	3,25%
Terreno muito acidentado	21	65,63%
Falha na construção da rodovia	27	84,37%
Falta de proteção da curva	17	53,12%
Imprudência	14	42,75%
Falta de fiscalização	7	21,87%
A curva joga o carro para fora	23	71,87%
Outros	0	0%

Fonte: Autor (2017).

A respeito da nota de atribuição da pista para níveis de serventia, pode-se identificar que os usuários estão insatisfeitos com a rodovia, pois a nota com maior valor de porcentagem é 3, sendo assim, um valor muito baixo, comparando-se com 10, que é a condição perfeita da rodovia, como pode-se observar na Tabela 13.

Tabela 13: Nota dos entrevistados.

NOTAS	QUANTIDADE	%
0	0	0,00%
1	2	6,25%
2	4	12,50%
3	9	28,12%
4	6	18,75%
5	8	25,00%
6	1	3,20%
7	2	6,25%
8	0	0,00%
9	0	0,00%
10	0	0,00%
TOTAL	32	100,00%

Fonte: Autor (2017).

Foi realizado o cálculo do valor médio das notas dos usuários, que totalizaram um valor de 3,78. Sabendo que a pesquisa foi realizada atribuindo os valores de 0 a 10, deve-se dividir o valor médio a metade, sabendo que o valor padrão de serventia dá-se atribuindo notas de 0 á 5. Os usuários atribuíram um valor médio de serventia de 1,89, que se enquadra como ruim para os usuários. Sabe-se também que o DNIT recomenda manutenção corretiva para níveis de serventia com valores entre 2 e 3, sendo assim, o trecho necessita de manutenção corretiva, para se adequar a necessidades dos usuários.

4.8 MEDIÇÕES REALIZADAS NO LOCAL

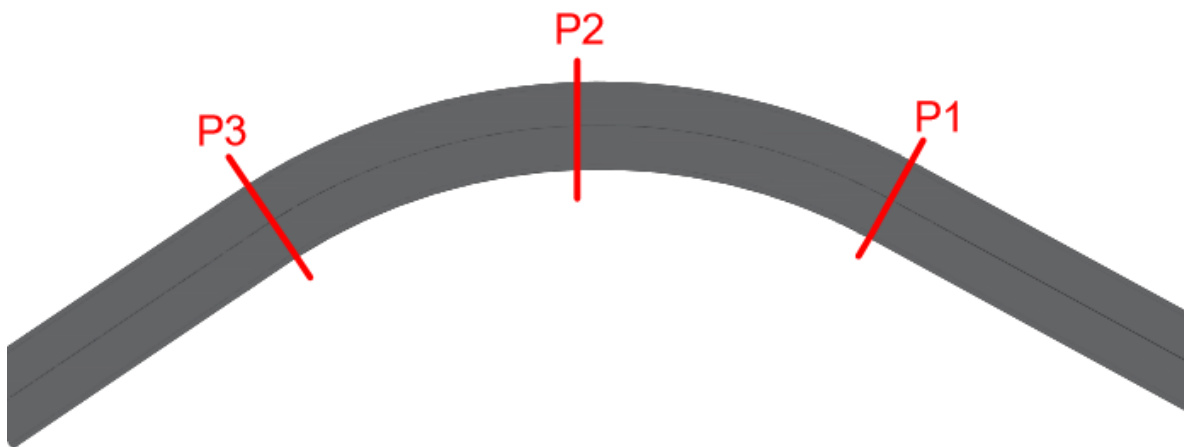
Foi realizado medições no local da curva, para comparação com as adequações das normas atuais em vigência.

4.8.1 Superlargura

Segundo o DNIT (2004), a superlargura é uma largura adicional dada à pista nos trechos em curva com o intuito de assegurar ao tráfego condições de segurança e comodidade.

Foi realizada a medição no local da curva, onde se obteve as medidas através de uma trena metálica. Foram selecionados 3 pontos ao decorrer do desenvolvimento da curva, como mostrado na Figura 18:

Figura 18: Pontos de medição de superlargura.



Fonte: Autor (2017).

As medidas obtidas mostram o valor da largura da pista de rolagem, valor entre o bordo interno e o externo. As distâncias obtidas são mostradas na Tabela 14:

Tabela 14: Valores da largura da pista.

PONTOS	LARGURA (METROS)
P1	6,60
P2	6,60
P3	6,60

Fonte: Autor (2017).

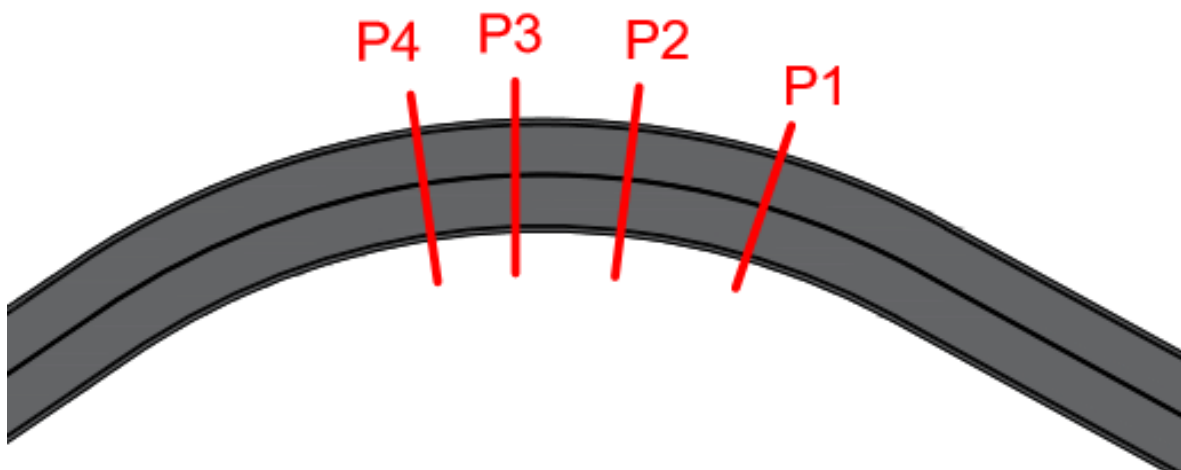
Os valores obtidos não se mostraram diferentes do início da curva, ponto médio de desenvolvimento e ponto final de desenvolvimento da curva.

4.8.2 Superelevação

Segundo o DNIT (2004), superelevação é uma inclinação transversal da pista em locais de curvas, feita em torno do bordo interno da curva, de modo a assegurar ao tráfego melhores condições de segurança e conforto.

Foi realizada a medição do desnível da curva no local, utilizou-se uma mangueira de nível. Foi fixada uma distancia de 2 metros ao longo de um dos bordos da curva, os quis foram coletadas a medidas de desnível nos seguintes pontos, informados na Figura 19:

Figura 19: Pontos de coleta de superelevações.



Fonte: Autor (2017).

Foram obtidos os seguintes valores de inclinação da curva, mostrados na Tabela 15:

Tabela 15: Valores de inclinação.

PONTO	BORDO INTERNO (CM)	BORDO EXTERNO (CM)	DISTÂNCIA (CM)	INCLINAÇÃO
P1	100	102	460	0,43%
P2	82	90	460	1,73%
P3	75	94	460	4,13%
P4	90	118	460	6,1%

Fonte: Autor (2017).

4.9 COMPARAÇÕES SEGUNDO SENÇO

Como já classificado, a estrada em questão possui uma classe de projeto I, com relevo ondulado, e velocidade diretriz de 60km/h. Segue então o comparativo com o método desenvolvido por Wlastermiller de Senço.

4.9.1 Velocidade diretriz

Tendo em vista que a velocidade diretriz é a velocidade básica para a determinação das características geométricas do projeto, podemos fazer um comparativo a partir da tabela 16:

Tabela 16: Velocidade diretriz por classe de projeto.

CLASSE DE PROJETO	REGIÃO		
	PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
PROJETO DE ESTRADAS DE RODAGEM			
0	120	100	80
I	100	80	60
II	100	70	50
III	80	60	40
IV	80	60	40
	60	40	30

Fonte: Senço (2008).

A partir de uma análise e tendo em vista que a rodovia tem a classe de projeto II, e que possui relevo classificado como ondulado, verifica-se que a velocidade indicada por Senço é de 70km/h. Conclui-se que a velocidade atual da via está abaixo da indicada pelo autor.

4.9.2 Raio Mínimo e Superelevação máxima

No que se refere às curvas horizontais, o primeiro elemento a ser fixado é o raio mínimo, pois a força centrífuga que age nas curvas, com a velocidade diretriz já fixada, passa a ser função desse raio.

O autor determina valores de raios de curvaturas mínimos para uma boa trafegabilidade, juntamente com valores de superelevação máxima que a pista deve atender, como mostrado na Tabela 17.

Tabela 17: Raio mínimo e inclinação por classe de projeto.

Classe de Projeto		Região			
		Plana	Ondulada	Montanhosa	Inclinação
Projeto de estradas de rodagem					
0		540	345	210	10
I		345	210	115	10
II		275	170	80	8
III		230	125	50	8
IV	Velocidade desejável	230	125	50	8
	Velocidade Absoluta	125	80	25	8

Fonte: Senço (2008).

Observando-se a Tabela 16, por se tratar de uma região ondulada e tendo em vista a classificação de projeto II, ela não está atendendo às condições pré-estipuladas.

A construção da curva apresenta um raio de 50,07 metros, não atendendo ao valor mínimo de 170 metros indicado pelo autor. Curvas com raios pequenos não são indicadas para regiões com relevos acidentados, pois quanto menor o raio, mais fechada a curva maior a dificuldade tem o motorista para a realização do percurso.

O valor do raio só atenderia os valores para o local se fosse classificado como classe de projeto III e em região considerada como montanhosa.

4.9.3 Superlargura

Essa diferença consiste entre a largura da faixa de trânsito e a largura do veículo para proporcionar ao usuário um fator de conforto e segurança.

Como serão consideradas sempre a superlargura e a superelevação aplicada à camada de regularização, tem-se as larguras dessas camadas comparadas às demais camadas de um pavimento. Encontram-se os valores de superlargura através do raio da curva, como mostrado na Tabela 18:

Tabela 18: Valores de superlargura para 60km/h.

R (m)	110	150	200	300	500	800
Δ (m)	1,00	0,80	0,70	0,50	0,40	0,30

Fonte: Senço (2008).

Após a definição dos valores de superlargura a partir dos raios da curva, deve-se adicionar este valor ao valor da largura do pavimento, informado na Tabela 19:

Tabela 19: Largura mínima por camadas.

CLASSE	REGIÃO								
	PLANA			ONDULADA			MOTANHOSA		
	Rev.	Base.	Sub-base	Rev.	Base	Sub-base	Rev.	Base	Sub-base
0	7,50	9,00	11,00	7,50	9,00	10,00	7,50	9,00	9,50
I	7,00	9,00	12,00	7,00	9,00	11,00	7,00	9,00	10,00
II,	6,00	8,00	10,00	6,00	8,00	9,00	6,00	8,00	8,40
III	a	a	a	a	a	a	a	a	a
e IV	7,00	9,00	11,00	7,00	9,00	10,00	7,00	9,00	9,40

Fonte: Senço (2008).

Segundo o autor, para a classe de projeto II, o valor mínimo mostrado pela Tabela 19 é de 6,00 metros, sem a adição da superlargura nos pontos de curva. Para calcular o valor total da largura do pavimento, deve-se somar aos valores de largura encontrados na Tabela 18.

Como o raio não está atendendo o mínimo estabelecido pelo autor (170 metros), pode-se então constatar que o valor de superlargura para o raio mínimo no local (50,07 metros) é de

1 metro, pois em qualquer situação a tabela mostra uma diminuição gradativa da superlargura em função do aumento do raio.

Em comparação com o item 4.7.1, pode-se verificar que a seção transversal da rodovia mede 6,60 metros. Se o raio estivesse atendendo o mínimo de 170 metros, o valor no ponto médio de desenvolvimento da curva seria o valor da faixa de rodagem de 6,00 metros, conforme tabela 18, mais o valor da superlargura de 1 metro (indicado na Tabela 17), totalizando 7,00 metros.

Logo, como o raio da curva não atingiu o valor mínimo necessário segundo o autor, então para o raio de 50,07 metros o valor da superlargura deve ser ainda maior. A curva não possui valores de superlargura sugerida, mesmo se o raio estivesse atendendo o mínimo exigido, aumentando a dificuldade de dirigibilidade no local e aumentando os riscos de acidentes no local.

4.9.4 Superelevação

Quando um veículo está transitando por uma curva, está sujeito à atuação da força centrífuga, que tende a jogar o veículo para o lado externo da mesma. Para compensar essa força, é feita uma elevação em um dos bordos da curva, a fim de aumentar o atrito entre o pneu do veículo e o revestimento da pista de rodagem, diminuindo os efeitos da força centrífuga.

Senço (2008) admite valores mínimos de superelevação através do raio de curvatura, expostos na Tabela 20:

Tabela 20: Valores de superelevação para Velocidade de 60km/h.

Raios (m)	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
Super (%)	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,5	2,0

Fonte: Senço (2008).

Senço diz que a cada 20 metros de diminuição de raio deve-se aumentar em 0,5% a superelevação.

Tendo em vista que o local possui um raio de curvatura de 50,07 metros, deve-se realizar um calculo de superelevação como indicado pelo autor.

O valor de raio mínimo é de 200 metros, como mostrado na tabela 19, levando em consideração que a cada diminuição de 20 metros no raio, aumenta-se 0,5% na elevação, com uma superelevação inicial de 8%, chegar-se a conclusão que para atender as necessidades, o valor minimo de superelevação deve ser de 11,5%.

Como mostrado no item 4.7.2, as medições no local indicaram uma superelevação máxima de 6,1%, atingindo valores próximos da metade do indicado pelo autor. Conclui-se que este valor de superelevação não é suficiente para conter a força centrífuga que atua sobre o veículo, tendendo a jogar o mesmo para fora da pista.

4.10 DESCRIÇÃO GEOMÉTRICA DA CURVA

Foi elaborado um sistema para a descrição de uma curva circular simples no qual foram inseridos valores fornecidos pelo DER, buscando a identificação dos elementos de uma curva a modo de encontrar os valores necessários para o estudo do local.

Ângulo Central: $61^{\circ}13'56''$.

Tangente Externa: 29,49m.

Raio: 50,070m.

Desenvolvimento: 53.510m.

AC/2: $30^{\circ}36'58''$.

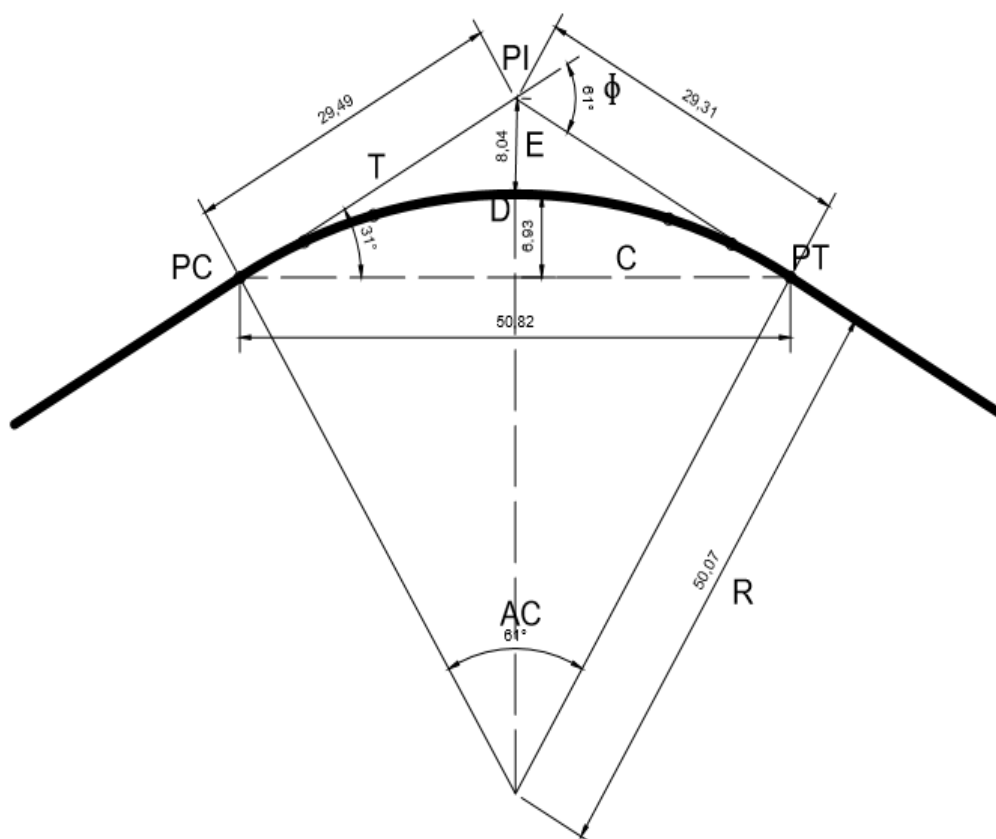
Afastamento: 8,04m.

Comprimento de flexa: 6,93m.

Comprimento de Corda= 50,82m.

$\cos \frac{Ac}{2} = 0,154$.

Figura 20: Descrição geométrica da curva.



Fonte: Autor (2017).

4.11 COMPARAÇÕES COM AS NORMAS DO DNIT

4.11.1 Raios mínimos

A Portaria nº 19 do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), fornece os valores para o raio mínimo, os quais estão reproduzidos na Tabela 05, abaixo:

Tabela 05: Raios mínimos de superelevação por relevo.

REGIÃO	CLASSE ESPECIAL (m)	CLASSE I (m)	CLASSE II (m)	CLASSE III (m)
Plana	430	340	200	110
Ondulada	280	200	110	50
Montanhosa	160	100	30	60

Fonte: DNIT (2004).

Conforme observado na tabela 05 fornecida pelo DNIT, o raio atual da curva não está adequado para a classe de projeto e a região. Concluí-se também que o raio mínimo para a classe de projeto II e região ondulada é de 110 metros e o raio de curvatura atual mede 50,07 metros, menos da metade solicitada por norma.

Para a que se cumpram os valores especificados pela norma seria necessário que a rodovia se enquadrasse na classe de projeto III e região montanhosa.

4.11.2 Superlargura

Superlargura é um valor adicionado á largura da pista de rolamento, a fim de causar um maior conforto ao motorista ao transitar sobre uma curva.

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT(2004), para o cálculo de superlargura deve-se usar a equação:

$$\Delta = n \left(R - \sqrt{R^2 - b^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Onde:

Δ = a largura, em metros,

n= Número de faixas de tráfego de uma pista

R= raio de curvatura do eixo da pista, em metros,

V= velocidade diretriz (m/s).

b= A distância, em m, entre os eixos da parte rígida do veículo e que normalmente considera-se igual a 6m.

Aplicando os valores atuais:

$$\Delta = 2 \left(50,07 - \sqrt{(50,07^2 - 6^2)} + \frac{60}{10\sqrt{50,07}} \right)$$

$$\Delta = 2,41 \text{ metros.}$$

Conforme o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais – IPR / DNER – 1999, conforme a Tabela 06, as larguras mínimas dos revestimentos, independente do local de implantação do pavimento é:

Tabela 06: Largura de faixas de rolamentos

Classe da Via	Mínima (m)	Máxima (m)	Desejável (m)	OBS:
Via Expressa	3,50	3,75	3,60	
Rápidas	3,50	3,75	3,60	Vel. 60-80 km/h
Moderadas	3,30	3,60	3,50	Vel. 50-60 km/h

Fonte: DNIT (2004).

Seguindo a orientação do DNIT (2004), para rodovias de velocidade moderada, o valor mínimo para uma faixa de rolamento é 3,30 metros e o máximo é de 3,60 metros para cada faixa de rolamento. Adotando o valor mínimo para rodovias moderadas como 3,30 metros, e adicionando a superlargura de 2,41 metros calculada conforme indicação do DNIT, conclui-se que o valor mínimo entre bordos do ponto máximo de superlargura do local é de 5,71 metros.

Atualmente, segundo as medições transversais executadas no local, o pavimento atingiu em toda extensão da curva 6,60 metros, valor mínimo expressado por norma para rodovias moderadas para extensões de traçado reto. O local também não apresentou valores de superlargura em nenhum ponto, sendo assim, não está compatível com as normas atuais, causando uma maior dificuldade aos motoristas que utilizam o local.

O DNIT especifica valores de adequação para superlargura em função do raio e a velocidade diretriz, conforme mostrado na Tabela 21:

Tabela 21: Valores de Superlargura.

Velocidade 30 km/h

R(m)	30	40	50	60	70	80	100	150	200	300	500
Superlarg.(m)	1,80	1,40	1,20	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30

Velocidade 40 km/h

R(m)	50	60	70	80	100	150	200	300	500
Superlarg. (m)	1,80	1,40	1,20	1,00	0,90	0,70	0,50	0,40	0,30

Velocidade 60 km/h

R(m)	110	150	200	300	500	800
Superlarg. (m)	1,0C	0,8C	0,7C	0,5C	0,4C	0,3C

Velocidade 80 km/h

R(m)	200	300	400	600	1000
Superlarg. (m)	0,80	0,60	0,50	0,40	0,30

Velocidade 100 km/h

R(m)	340	400	600	1000	1300
Superlarg. (m)	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30

Fonte: DNIT (2004).

Conclui-se que para que cumprir a norma em função do raio de 50,07 metros é necessária a redução da velocidade para 40km/h e simultaneamente realizar o alargamento da pista, a fim de que se atinja 7,80 metros, ou manter a velocidade diretriz em 60km/h e executar o alargamento da rodovia para 9,01 metros de distância entre bordos.

4.11.3 Superelevação

Segundo o DNIT (2004), os valores recomendados para os coeficientes de atrito para pavimentos flexíveis são mostrados na Tabela 03:

Tabela 03: Recomendação de manutenção de pavimentos.

Velocidade diretriz (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Valores de F	0,165	0,158	0,152	0,146	0,140	0,133	0,127	0,121	0,115

Fonte: DNIT (2004).

Pode-se realizar com os valores fornecidos para encontrar a superelevação:

$$I = 0,0044 \times \frac{v^2}{R} - f$$

$$I = 0,0044 \times \frac{60^2}{50,07} - 0,152$$

$$I = 16,43\%$$

Também é possível fazer um comparativo com valores estipulados por norma, podendo assim fazer um comparativo com a tabela de raios mínimos para superelevação, como mostrado na Tabela 04.

Tabela 04: Raios mínimos para superelevação.

VELOCIDADE DIRETIZ (KM/H)	RAIOS MÍNIMOS PARA SUPERELEVAÇÃO (m)				COEFICIENTE DE ATRITO “F”
	6%	8%	10%	12%	
40	56	51	44	43	0,165
50	90	83	76	71	0,158
60	134	122	113	104	0,152
70	187	171	157	145	0,146
80	252	229	210	194	0,140
90	326	295	270	249	0,133
100	421	380	347	319	0,127
110	525	474	431	395	0,121
120	653	582	527	483	0,115

Fonte: DNIT (2004).

Conclui-se que para superelevação encontrada no local e tendo como referencia a Tabela 04, para a superelevação de 6,1% e a velocidade diretriz de 60 km/h, o valor mínimo para o raio de curvatura é de 134,00 metros, bem superior a 50,07 metros, que é o raio atual do local de estudo.

Para atender o valor de superlargura relativo ao de raio de 50,07 metros, é necessário diminuir a velocidade diretriz para 40 km/h e aumentar a superelevação da rodovia para 8%.

Os valores atuais de superelevação encontrados no local não estão adequados com a norma e apresentaram valores inferiores aos solicitados pelo DNIT (2004), sendo assim, a concepção atual da rodovia não consegue proporcionar atrito lateral suficiente para suprir a força centrífuga, que tende a jogar os veículos para fora da pista, apresentando riscos para os usuários do local.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se com esta pesquisa que o local da PR-484, km 109, conhecido como “curva do boi”, não está adequado com os parâmetros estabelecidos por norma. Foram realizadas comparações entre as medições realizadas no local, os projetos da rodovia, topografia do local e número de acidentes, que mostrou que há uma relação entre a tipologia dos acidentes no local com as falhas encontradas na rodovia.

Em comparação aos dois métodos, o de Senço (2008) e DNIT (2004), revelou-se que a rodovia não apresenta valores adequados de raio mínimo, superlargura e superelevação. Nota-se que nesses 3 casos, para a velocidade diretriz de 60 km/h e classe de projeto II com relevo ondulado, a rodovia não atendeu a esses quesitos e, comparando as tipologias dos acidentes nota-se que os maiores acidentes são categorizados como tombamento e choque com objetos fixos, onde justamente o veículo é lançado para fora da pista.

Comprova-se que os valores encontrados no local de raio mínimo, superlargura e superelevação não estão adequados, pois: O Raio mínimo no local apresenta atualmente 50,07 metros, em um local cujo mínimo deveria ser 110 metros, logo com um raio inferior ao solicitado, há um aumento na dificuldade de dirigibilidade no local, pois quanto menor o valor maior mais fechada é a curva.

O trecho não apresentou valores de superlargura, e também tem apenas o valor mínimo requerido para a pista de rolamento sugerido pelo DNIT (2004), medindo atualmente 6,60 metros, onde deveria medir 9,01 metros com adição da superlargura mínima necessária, conforme norma, gerando um desconforto para o motorista na realização do trajeto.

O local também não se adequou aos valores de superelevação, método construtivo que tem por objetivo o aumento de atrito lateral no pneu do veículo, que tem o valor atual de 6,1%, onde deveria ter 16,43% para contrapor a força centrífuga.

Para adequar-se, deve-se então diminuir a velocidade diretriz do local da curva para 40 km/h, sinalizando o local como curva perigosa. Mesmo com a redução da velocidade também há a necessidade de realizar a modificação da rodovia, aumentando o raio de curvatura, criando uma superlargura adequada, aumentar os valores de superelevação e

também realizar um reparo no *Guard Rail*. Não há nenhuma medida corretiva de baixo custo viável nesse caso, pois o erro está na concepção da rodovia e não no ambiente externo a mesma.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ficam sugeridos para os futuros trabalhos os seguintes temas:

- ✓ Viabilidade da implantação de um desvio no quilômetro 109 da PR-484;
- ✓ Análise da condição do pavimento na PR-484;
- ✓ Projeto geométrico para a correção do trecho do quilômetro 109 da PR-484;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCO, Adriano M., - **Segurança Rodoviária**. São Paulo : Editora CL-A 1999.

Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/>> acesso em: 18 mai. 2017.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Rio de Janeiro – 1999.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. Rio de Janeiro – 1998.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de análise, diagnóstico, proposição de melhorias e avaliações econômicas dos segmentos críticos**. Rio de Janeiro - 1988.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – Instituto de pesquisas rodoviárias. **Custo de acidentes de trânsito nas rodovias federais**. Rio de Janeiro – 2004.

DIESEL, L. E. SIG na **prevenção a acidentes de trânsito**. 2005. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2005.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de pós-graduação em engenharia urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2006.

Instituto de Logística e Supply Chain. Disponível em: < <http://www.ilos.com.br/web/> > acesso em: 18 mai. 2017.

MANTOVANI, V. R. **Proposta de um sistema integrado de gestão em segurança de tráfego – SIG SET**. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos. São Paulo – SP, 2004.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 1998.

SANTOS, L. D. **Análise dos acidentes de trânsito do Município de São Carlos utilizando Sistema de Informação Geográfica – SIG e ferramentas de estatística espacial**. 2006. 136f.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de Projetos Rodoviários**. 2008. 753f. Editora PINI Ltda, São Paulo – SP , 2008.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. **A cidade, o transporte e o trânsito**. São Paulo: Prolivros, 2005.

World Health Organization . Disponível em:

<http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/> acesso em 19 mai. 2017.

ANEXO 01

ANEXO 02

ANEXO 03

ANEXO 04

ANEXO 05