



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CASSIANO CARLOS DE CASTRO MOURA GRANJA
DANIEL ANDRADE
LUCAS FEITOSA FERREIRA DO AMARAL FREIRE

ANÁLISE DE ALGUNS ASPECTOS DE ENGENHARIA DA BR-101/PE
RELACIONADOS A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NO KM 73

Recife

2018

CASSIANO CARLOS DE CASTRO MOURA GRANJA

DANIEL ANDRADE

LUCAS FEITOSA FERREIRA DO AMARAL FREIRE

**ANÁLISE DE ALGUNS ASPECTOS DE ENGENHARIA DA BR-101/PE
RELACIONADOS A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NO KM 73**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia civil - Transporte e Gestão das Infraestruturas Urbanas

Orientador: Prof. Maurício Renato Pina Moreira

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

G759a Granja, Cassiano Carlos de Castro Moura.
Análise de alguns aspectos de engenharia da BR-101/PE relacionados a ocorrência de acidentes no Km 73 / Cassiano Carlos de Castro Moura Granja, Daniel Andrade, Lucas Feitosa Ferreira do Amaral Freire - 2018.
53 folhas, il., tabs. e sigl.

Orientador: Prof. Maurício Renato Pina Moreira.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Acidentes. 3. BR-101. 4. ICP. 5. Km 73. I. Andrade, Daniel. II. Freire, Lucas Feitosa Ferreira do Amaral. III. Moreira, Maurício Renato Pina (Orientador). IV. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-439

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – Cassiano Carlos de Castro Moura Granja
2 – Daniel Andrade
3 – Lucas Feitosa Ferreira do Amaral Freire

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Maurício Renato Pina Moreira

Examinador 1: Prof. Fernando Jordão de Vasconcelos

Examinador 2: Eng. André Fillippe Farias de Oliveira

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Análise de alguns aspectos de engenharia da BR-101/PE relacionados a ocorrência de acidentes no Km 73

LOCAL:

DATA: 09/08/2018 HORÁRIO DE INÍCIO: 17:00h.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____(deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () **aprovado(s) (nota > = 7,0)**, pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () **reprovado(s). (nota <3,0)**

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 09 de Agosto de 2018

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

Candidato 3:

*Dedico este trabalho aos nossos pais e amigos que nos acompanharam nessa
jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por toda força, ânimo e coragem que nos ofereceu para termos alcançado nossa meta.

À Universidade por ter nos recebido de braços abertos e com todas as condições que nos proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos.

Agradecemos as nossas famílias e amigos, porque foram eles que nos incentivaram e inspiraram através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades.

Ao nosso orientador Maurício Renato Pina Moreira, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

Sendo a BR-101 uma das rodovias federais com maior número de acidentes no Brasil, este trabalho tem como objetivo descrever e investigar as causas desses eventos ao longo do km 73 dessa rodovia no trecho de Pernambuco. Para a análise, utilizaram-se, como base de informações, dados obtidos pela PRF de 2007 até abril de 2018 e visitas ao local, com registro de fotos. Foi correlacionado o número de acidentes com as condições do pavimento (medido através do ICP), sinalização, drenagem, iluminação e projeto geométrico da via. Obteve-se que as más condições de drenagem e sinalização são os aspectos estruturais que mais necessitam de cuidados nesse trecho. Além disso, a relevância dos aspectos sociais ficou evidente, principalmente, a imprudência dos condutores. Diante do trecho km 73, já podemos relatar que boa parte da rodovia é composta por pavimento flexível, contudo a análise feita através do ICP foi relacionado ao pavimento rígido que havia no trecho em estudo.

Palavras-chave: Acidentes. BR-101. ICP. Km 73.

ABSTRACT

As BR-101 is one of the federal highways with the highest number of accidents in Brazil, this work aims to describe and investigate the causes of these events along km 73 of this highway in the Pernambuco stretch. For the analysis, data obtained by the PRF from 2007 up to April 2018 and visits to the site, with registration of photos, were used as an information base. The number of accidents with pavement conditions (measured through ICP), signaling, drainage, lighting and geometric design of the road were correlated. It was obtained that poor drainage and signaling conditions are the structural aspects that most need care in this section. In addition, the relevance of the social aspects was evident, mainly, the recklessness of the conductors. In front of the km 73 stretch, we can already report that a good part of the highway is composed of flexible pavement, yet the analysis done through the ICP was related to the rigid pavement that was in the section under study.

Keywords: Accidents. BR 101. ICP. Km 73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - BR-101	15
FIGURA 2 - TOTAL DE ACIDENTES POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE.....	19
FIGURA 3 - TOTAL DE ACIDENTES POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO CRESCENTE).....	19
FIGURA 4 - TOTAL DE ACIDENTES POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO DECRESCENTE).....	20
FIGURA 5 - TOTAL DE FERIDOS POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE.....	20
FIGURA 6 - TOTAL DE FERIDOS POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO CRESCENTE).....	21
FIGURA 7 - TOTAL DE FERIDOS POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO DECRESCENTE).....	21
FIGURA 8 - TOTAL DE MORTOS POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE.....	22
FIGURA 9 - TOTAL DE MORTOS POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO CRESCENTE).....	22
FIGURA 10 - TOTAL DE MORTOS POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO DECRESCENTE).....	23
FIGURA 11 - ACIDENTES DEVIDO A DEFEITOS DA VIA POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE	23
FIGURA 12 - ACIDENTES DEVIDO A DEFEITOS DA VIA POR KM NA BR-101/PE - CONTORNO DO RECIFE (SENTIDO CRESCENTE).....	24
FIGURA 13 - ACIDENTES DEVIDO A DEFEITOS DA VIA POR KM NA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE).....	24
FIGURA 14 - PROJETO GEOMÉTRICO ORIGINAL	26
FIGURA 15 - KM 73 – TRECHO ESTUDADO	27
FIGURA 16 - KM 73 (SENTIDO CRESCENTE) – RADAR DE VELOCIDADE.....	28
FIGURA 17 - KM 73 (SENTIDO DECRESCENTE)	28
FIGURA 18 - TOTAL DE ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE.....	30
FIGURA 19 - TOTAL DE ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	30

FIGURA 20 - TOTAL DE ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	31
FIGURA 21 - TOTAL DE FERIDOS NO KM 73 DA BR-101/PE	31
FIGURA 22 - TOTAL DE FERIDOS NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	32
FIGURA 23 - TOTAL DE FERIDOS NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	32
FIGURA 24 - GRAVIDADE DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE	32
FIGURA 25 - GRAVIDADE DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	33
FIGURA 26 - GRAVIDADE DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	33
FIGURA 27 - TIPOS DE ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE.....	34
FIGURA 28 - TIPOS DE ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	35
FIGURA 29 - TIPOS DE ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	35
FIGURA 30 - CAUSAS DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE	36
FIGURA 31 - CAUSAS DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	36
FIGURA 32 - CAUSAS DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	37
FIGURA 33 - HORÁRIO DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE	37
FIGURA 34 - HORÁRIO DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	38
FIGURA 35 - HORÁRIO DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	38
FIGURA 36 - DIAS DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE.....	39
FIGURA 37 - DIAS DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO CRESCENTE)	39
FIGURA 38 - DIAS DOS ACIDENTES NO KM 73 DA BR-101/PE (SENTIDO DECRESCENTE)	40
FIGURA 39 - CURVA DE ALÇAMENTO DE PLACAS.....	42
FIGURA 40 - CURVA DE FISSURAS DE CANTO.....	42

FIGURA 41 - CURVA DE DEGRAU NAS JUNTAS	42
FIGURA 42 - CURVA DE PLACA DIVIDIDA	42
FIGURA 43 - CURVA DE DESNIVEL PAVIMENTO - ACOSTAMENTO.....	43
FIGURA 44 - CURVA DE FISSURAS LINEARES.....	43
FIGURA 45 - CURVA DE PEQUENOS REPAROS.....	43
FIGURA 46 - CURVA DE GRANDES REPAROS.....	43
FIGURA 47 - CURVA DE DESGASTE SUPERFICIAL.....	43
FIGURA 48 - CURVA DE BOMBEAMENTO	43
FIGURA 49 - CURVA DE QUEBRA LOCALIZADA	44
FIGURA 50 - CURVA DE PASSAGEM DE NÍVEL.....	44
FIGURA 51 - CURVA DE FISSURAS SUPERFICIAIS	44
FIGURA 52 - CURVA DE FISSURAS DE RETRAÇÃO PLÁSTICA.....	44
FIGURA 53 - CURVA DE QUEBRA DE CANTO	44
FIGURA 54 - CURVA DE ESBORCINAMENTO DAS JUNTAS.....	44
FIGURA 55 - CURVA DE PLACA BAILARINA	45
FIGURA 56 - CURVA DE VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO, PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLES	45
FIGURA 57 - ESCALA DE AVALIAÇÃO DO ICP	46
FIGURA 58 - OBRA DE REQUALIFICAÇÃO DA BR-101 EM PERNAMBUCO	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DADOS OBTIDOS NO DPRF	18
TABELA 2 - TIPOS DE DEFEITOS	41
TABELA 3 - CÁLCULO DO ICP DO SENTIDO CRESCENTE (FAIXA DA DIREITA)	48
TABELA 4 - CÁLCULO DO ICP DO SENTIDO CRESCENTE (FAIXA DA DIREITA)	49
TABELA 5 - CÁLCULO DO ICP DO SENTIDO CRESCENTE	49
TABELA 6 - CÁLCULO DO ICP DO SENTIDO DECRESCENTE (FAIXA DA ESQUERDA).....	49
TABELA 7 - CÁLCULO DO ICP DO SENTIDO DECRESCENTE (FAIXA DA DIREITA)	50
TABELA 8 - CÁLCULO DO ICP DO SENTIDO DECRESCENTE	50
TABELA 9 - CÁLCULO DO ICP DO TRECHO TOTAL	50
TABELA 10 - RESULTADOS DOS CÁLCULOS DO ICP	50

LISTA DE SIGLAS

CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DPRF	Departamento da Polícia Rodoviária Federal
ICP	Índice de Condição do Pavimento
VDC	Valor Deduzível Corrigido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	BR-101	15
2.1	BRASIL	15
2.2	QUILOMETRAGEM DA RODOVIAS	16
2.3	BR 101/ PE	16
3	TIPOS DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS	17
3.1	PAVIMENTO RÍGIDO.....	17
3.2	PAVIMENTO FLEXÍVEL.....	17
4	DADOS DA PESQUISA	18
5	ACIDENTES NA BR-101 – CONTORNO DO RECIFE	19
6	KM 73 DA BR-101/PE	26
6.1	ELEMENTOS DE PROJETO	26
6.1.1	Geometria	26
6.1.2	Sinalização horizontal e vertical.....	27
6.1.3	Pavimento	29
7	ANÁLISES DOS ACIDENTES DO KM 73.....	30
8	ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP)	41
8.1	CÁLCULO DO ICP DO KM 73 DA BR-101/PE.....	47
8.1.1	Resultado do cálculo do ICP – Sentido crescente	48
8.1.2	Resultado do cálculo do ICP – Sentido decrescente	49
8.1.3	Resultado do cálculo do ICP – Trecho total.....	50
8.1.4	Resumo dos resultados dos cálculos do ICP.....	50
9	REQUALIFICAÇÃO DA BR-101 NO CONTORNO DO RECIFE	51
10	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A BR-101 é a rodovia federal de maior extensão do Brasil, atravessando doze estados, ligando do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul. Apesar de receber nomes específicos em alguns trechos, como Rodovia Rio-Santos e Rodovia Rio-Vitória, é denominada oficialmente como Rodovia Governador Mário Covas.

Nos dias atuais esta rodovia se encontra em uma triste realidade, que é o grande índice de acidentes, onde em sua maior proporção é causado por pavimentos em condições precárias, devido aos seguintes aspectos: falta de manutenção, excesso de carga de veículos permitido pela rodovia, falta de sinalização, erro de projeto e execução, entre outros.

No presente trabalho será realizado um estudo detalhado do Km 73 localizado próximo ao 4º batalhão de comunicações, no bairro de Tejipió. O estudo será baseado nas estatísticas de acidentes fornecidas pelo DPRF (Departamento de Polícia Rodoviária Federal) e DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Para esta análise foi utilizado além dos conhecimentos de engenharia, as normas DNIT 060/2004 – PRO, DNIT 061/2004 - TER e DNIT 062/2004 – PR

2 BR-101

2.1 BRASIL

A BR-101 é uma rodovia federal (Norte – Sul), com extensão de 4.551,4 Km, tendo como ponto inicial localizado na cidade de Touros (Rio Grande do Norte) e final na cidade de São João do Norte (Rio Grande Sul), considerada a rodovia de maior extensão do Brasil.

Atravessando 12 estados brasileiros: Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em toda sua extensão é denominada oficialmente Rodovia Governador Mário Covas.

Figura 1 - BR-101



Fonte: Wikipédia

2.2 QUILOMETRAGEM DA RODOVIAS

“A quilometragem das rodovias não é cumulativa de uma Unidade da Federação para a outra, ou seja, ao iniciar uma rodovia dentro de uma federação, sua quilometragem começa a ser contada do zero. O sentido da quilometragem segue sempre o sentido descrito na Divisão em Trechos do Plano Nacional de Viação”. (Fonte: Nomenclatura das rodovias – DNIT)

A BR-101 se enquadra nas rodovias longitudinais, as quais o sentido de quilometragem vai de norte para o sul. Sendo assim, em Pernambuco a contagem é crescente a partir da divisa com a Paraíba até Alagoas.

2.3 BR 101/ PE

A BR-101 em Pernambuco, inicia na cidade de Goiana até Xexéu, atravessando mais de 10 cidades, com extensão de 213,9 Km. Encontra-se totalmente duplicada em toda a sua extensão. Em 43 anos de utilização da rodovia, as placas de concreto atingiram o custo benefício de projeto, sendo necessário a realização de manutenções.

O trecho conhecido como Contorno do Recife, compreendido entre os Km – 51,6 e Km 82,3, apresenta a maior trafegabilidade da rodovia no estado, concentrando, também, mais da metade dos acidentes ocorridos em toda a rodovia em Pernambuco.

Motivado por essas estatísticas, o presente trabalho busca analisar as causas dos acidentes no Km 73, do trecho Contorno do Recife, relacionados a alguns aspectos de engenharia, como o pavimento, drenagem, geometria da via, sinalização e iluminação.

3 TIPOS DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

3.1 PAVIMENTO RÍGIDO

O pavimento rígido, em sua definição, é constituído por uma placa de concreto que, ao mesmo tempo, é uma camada estrutural e superfície de rodagem e que tem, por sua vez, uma considerável rigidez à flexão. Esta rigidez é fator importante no dimensionamento da placa de concreto, devido a uma distribuição de tensões uniformemente distribuída, que lhe confere um melhor desempenho sobre bases frágeis. Além disso, no processo de execução do pavimento, as juntas são de extrema importância, pois controlam o surgimento de fissuras (longitudinais, transversais ou diagonais), provenientes de dilatações do pavimento.

3.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL

No pavimento flexível, ocorre contrário do que acontece com o pavimento rígido, onde as camadas inferiores são as que exercem a função estrutural. As camadas estruturais e de revestimento têm pouca resistência aos esforços de flexão, a distribuição das tensões é mais concentrada e portanto mais profunda, podendo atingir o subleito, causando ondulações permanentes ao pavimento.

4 DADOS DA PESQUISA

Através dos dados do DPRF, foram obtidas as informações dos números de acidentes no trecho em análise, do ano de 2007 à maio de 2018. Os dados levantados apresentam (data de ocorrência, dia da semana, horário, estado, BR em que ocorreu o acidente, município, causa do acidente, tipo de acidente, fase do dia, sentido da rodovia, condição meteorológica, tipo da pista, traçado da via, uso do solo, total de pessoas envolvidas no acidente e total de veículos envolvidos).

Tabela 1 - Dados obtidos no DPRF

HORÁRIO	UF	BR	KM	TIPO DE ACIDENTE	FASE DO DIA	SENTIDO DA VIA	USO DO SOLO	ANO	MORTOS	FERIDOS
00:10:00	PE	101	73	Incêndio	Plena noite	Decrescente	Rural	2018	0	0
07:30:00	PE	101	73	Colisão traseira	Pleno dia	Crescente	Rural	2018	0	1
13:00:00	PE	101	73	Capotamento	Pleno dia	Decrescente	Rural	2017	0	0
06:50:00	PE	101	73	Colisão traseira	Pleno dia	Decrescente	Rural	2017	0	3
20:00:00	PE	101	73	Saída de leito carroçável	Plena Noite	Decrescente	Urbano	2017	0	0
01:00:00	PE	101	73	Colisão traseira	Plena Noite	Crescente	Urbano	2017	0	0
13:50:00	PE	101	73,2	Colisão lateral	Pleno dia	Decrescente	Urbano	2017	0	0
04:15:00	PE	101	73,2	Saída de leito carroçável	Amanhecer	Decrescente	Rural	2017	0	0

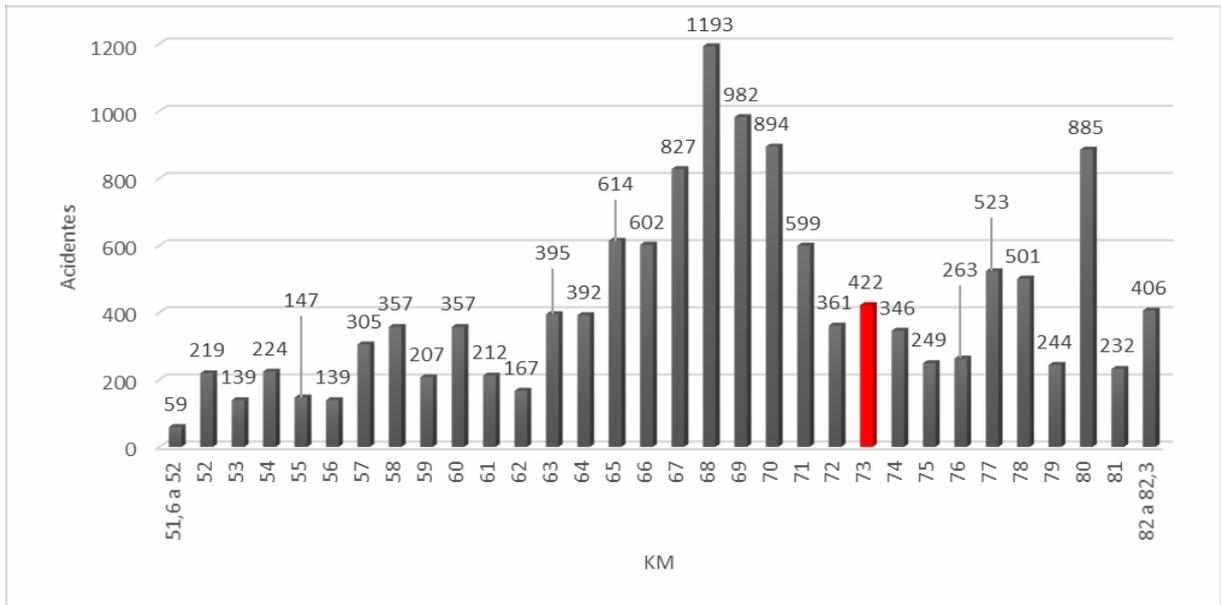
Fonte: DPRF

A gravidade do acidente diz respeito ao número de vítimas no acidente, podendo ser dividido em acidentes sem gravidade (sem vítimas) e com gravidade (feridos e/ou mortos). Essas informações são de grande importância dentro desta pesquisa, pois os tipos de acidentes e a gravidade dos mesmos podem ajudar a analisar as condições na qual eles ocorreram, e a influência das condições da estrada nestes acontecimentos.

5 ACIDENTES NA BR-101 – CONTORNO DO RECIFE

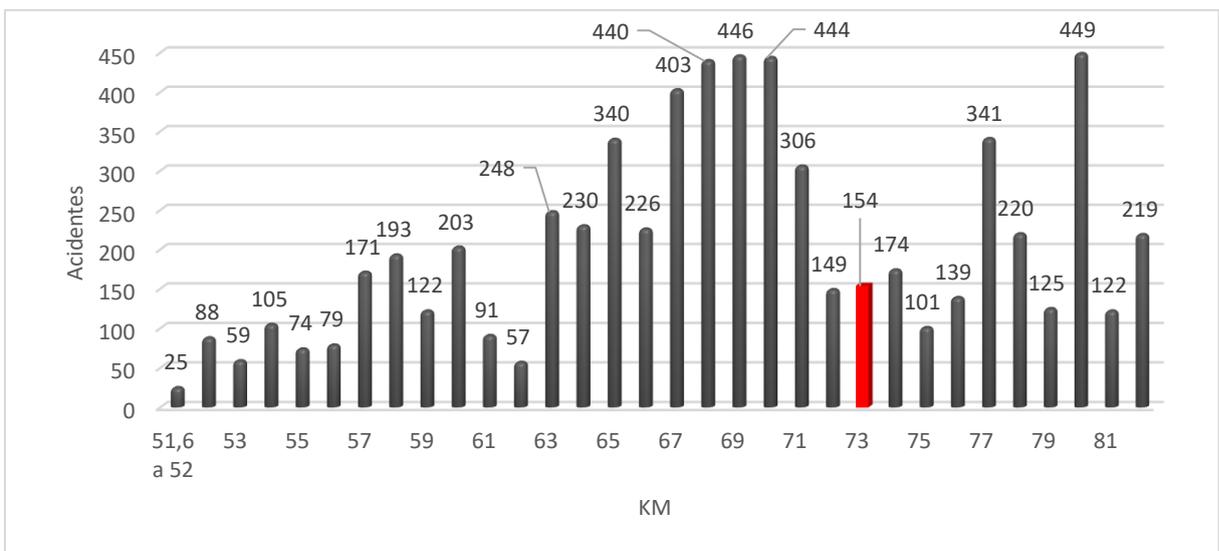
A BR-101 é considerada a rodovia com o maior número de acidentes no estado de Pernambuco. Com base nos dados obtidos no DPRF e DNIT relacionados ao número de acidente por quilômetro no período de 2007 a 2018, segue abaixo uma análise estatística referentes ao total de acidentes, com feridos, com mortos e causados por defeitos na via.

Figura 2 - Total de acidentes por km na BR-101/PE - Contorno do Recife



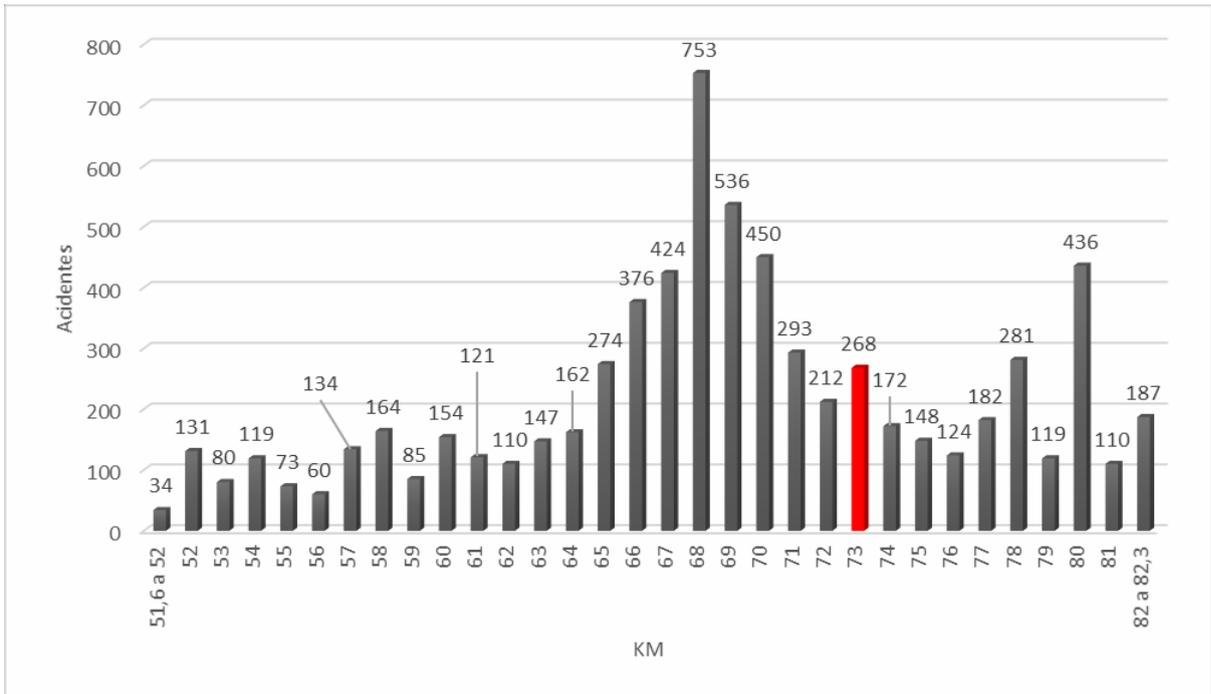
Fonte: DPRF

Figura 3 - Total de acidentes por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido crescente)



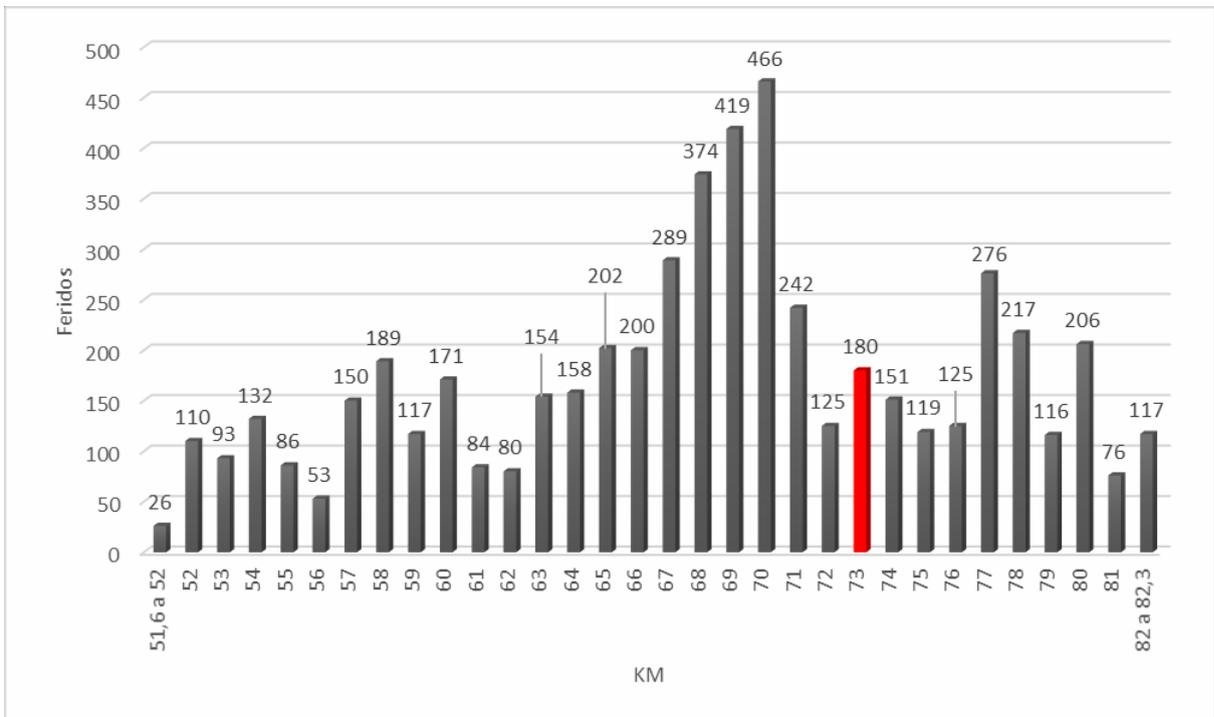
Fonte: DPRF

Figura 4 - Total de acidentes por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido decrescente)



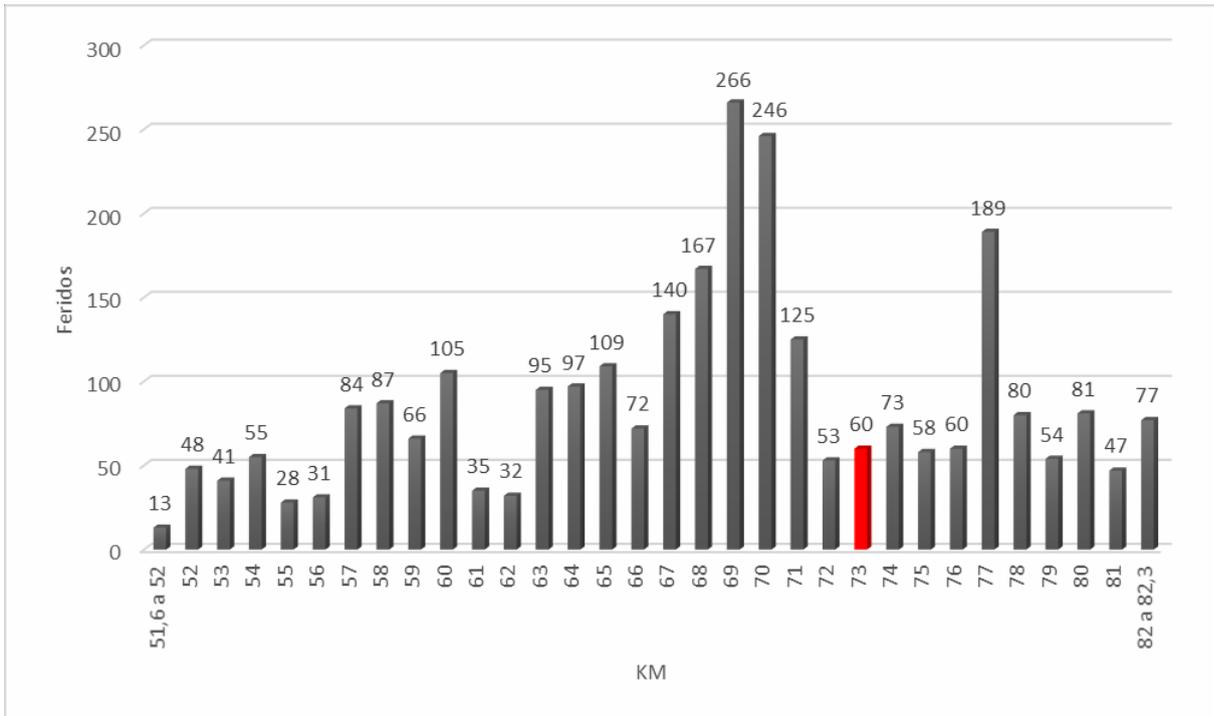
Fonte: DPRF

Figura 5 - Total de feridos por km na BR-101/PE - Contorno do Recife



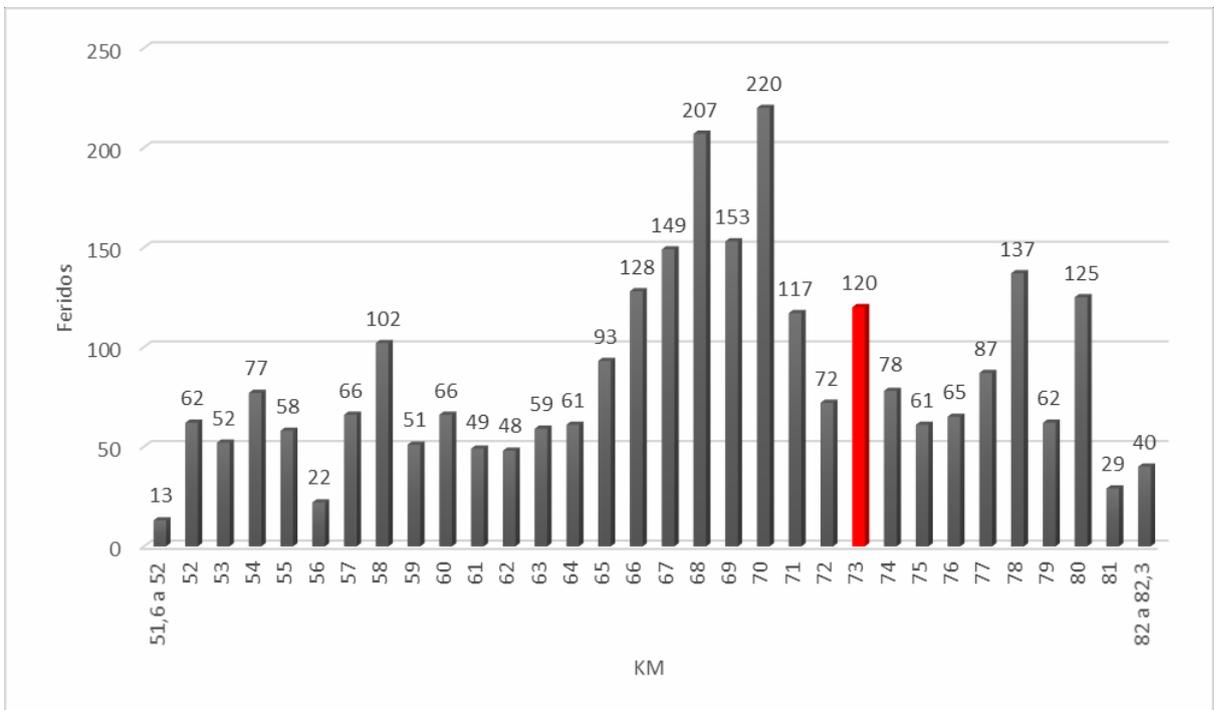
Fonte: DPRF

Figura 6 - Total de feridos por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido crescente)



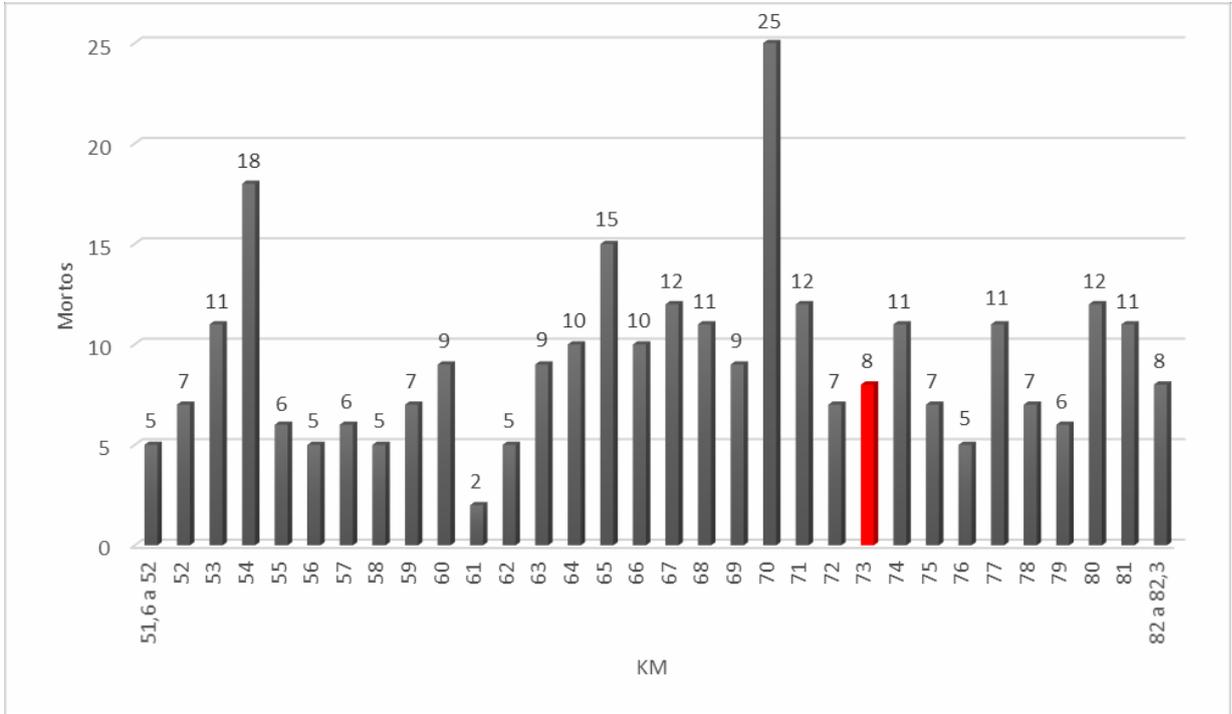
Fonte: DPRF

Figura 7 - Total de feridos por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido decrescente)



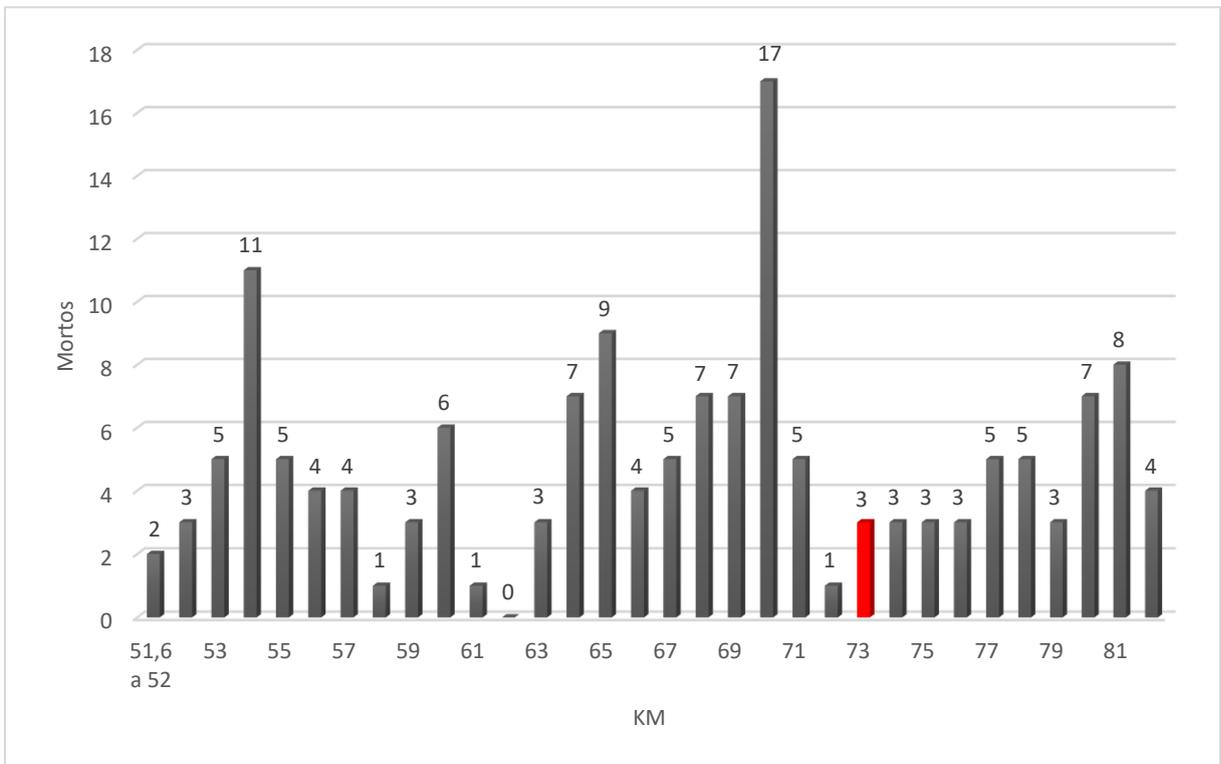
Fonte: DPRF

Figura 8 - Total de mortos por km na BR-101/PE - Contorno do Recife



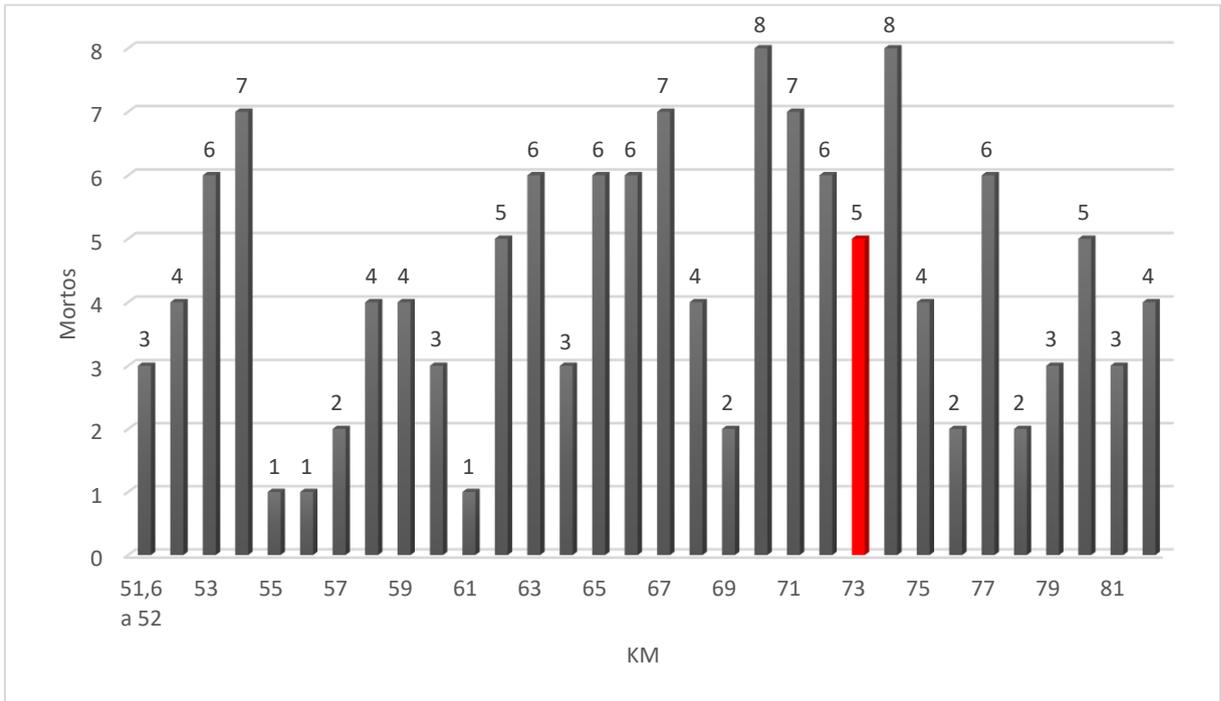
Fonte: DPRF

Figura 9 - Total de mortos por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido crescente)



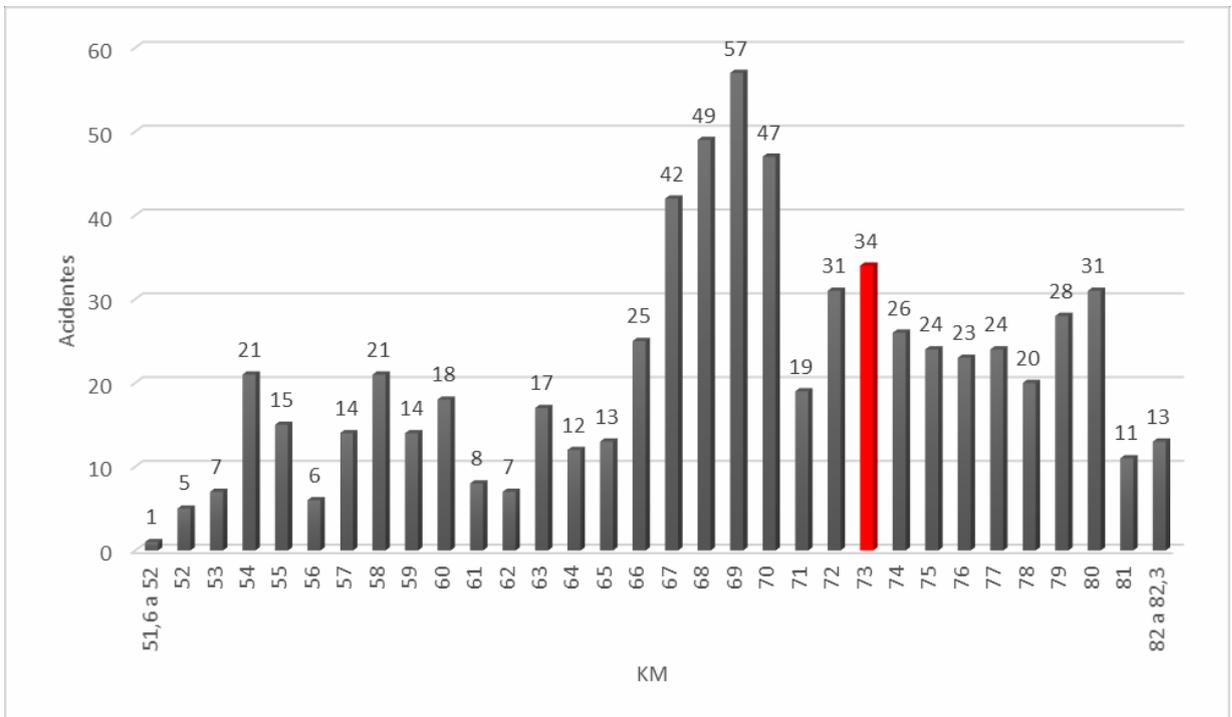
Fonte: DPRF

Figura 10 - Total de mortos por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido decrescente)



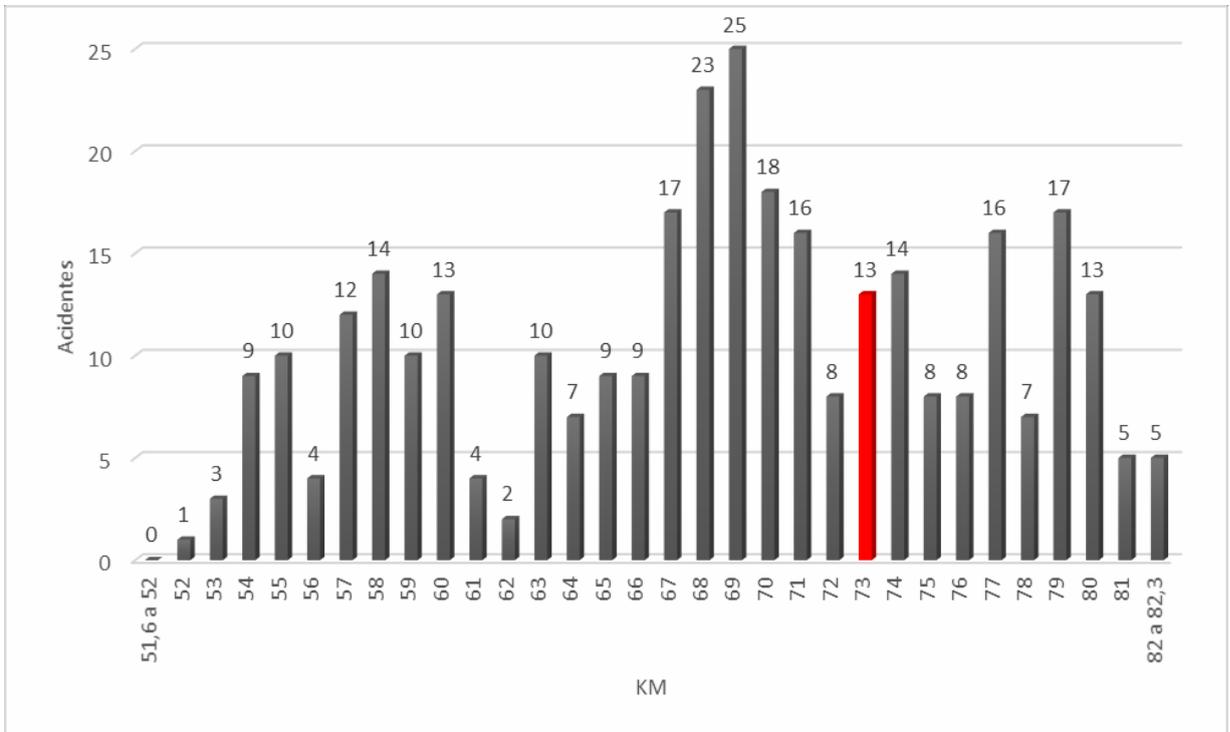
Fonte: DPRF

Figura 11 - Acidentes devido a defeitos da via por km na BR-101/PE - Contorno do Recife



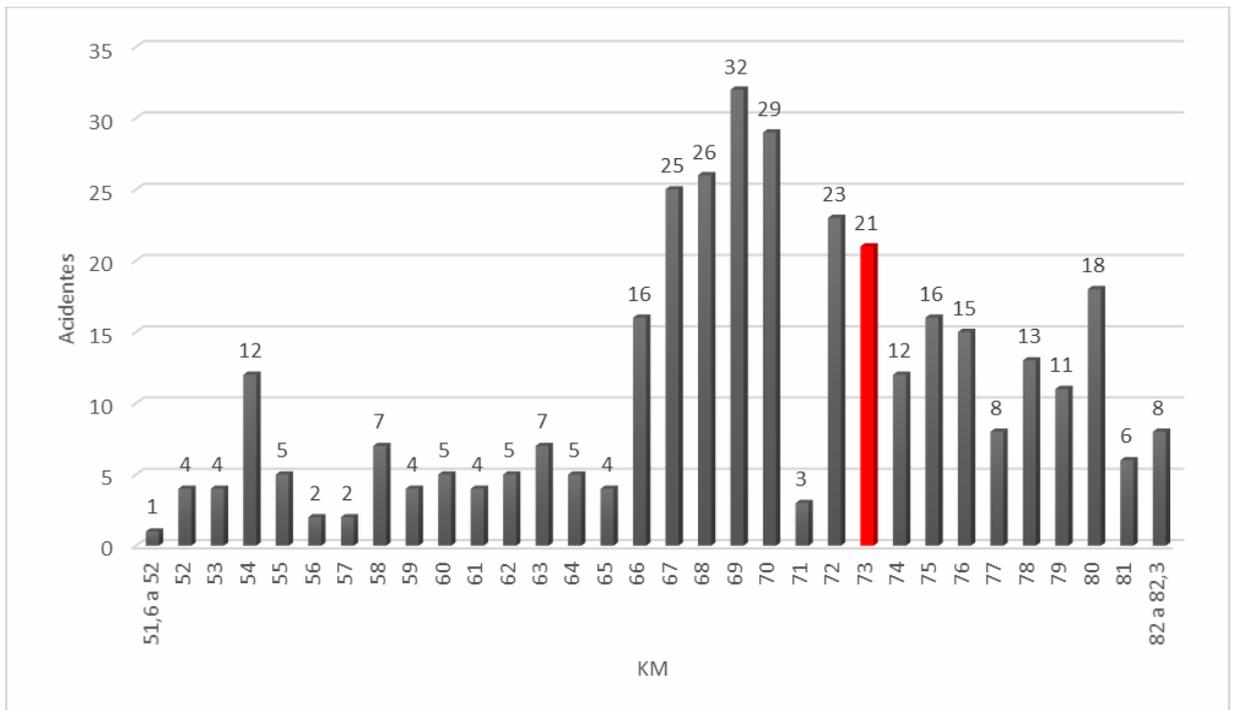
Fonte: DPRF

Figura 12 - Acidentes devido a defeitos da via por km na BR-101/PE - Contorno do Recife (Sentido crescente)



Fonte: DPRF

Figura 13 - Acidentes devido a defeitos da via por km na BR-101/PE (Sentido Decrescente)

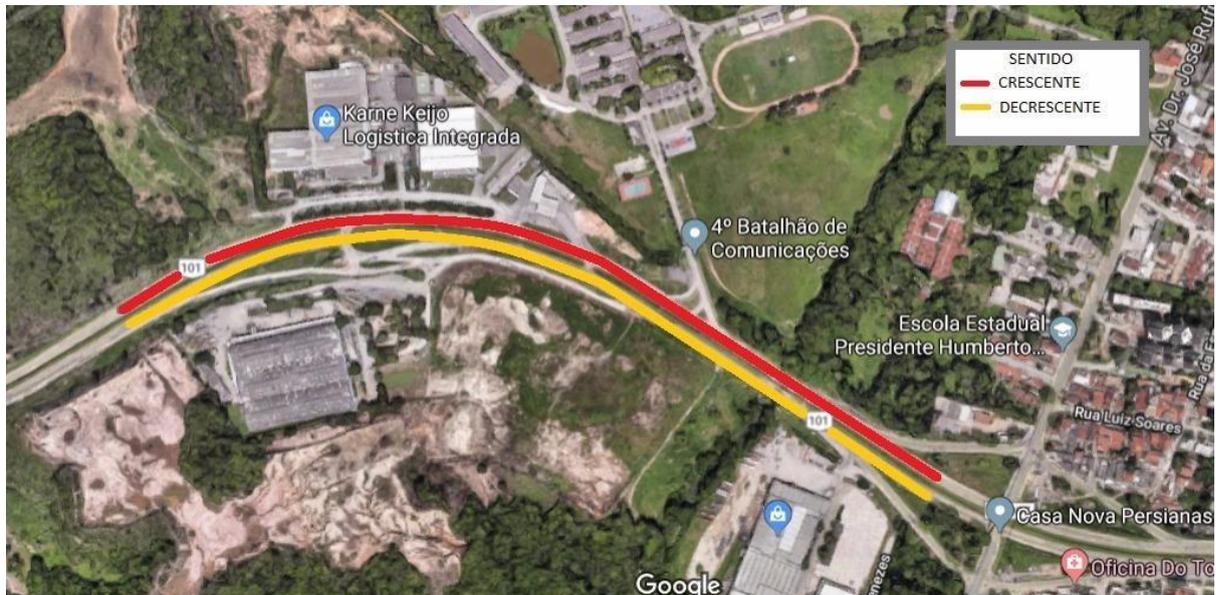


Fonte: DPRF

Analisando os resultados acima, observa-se que os quilômetros 67, 68, 69 e 70, apresentam um maior índice de feridos e de acidentes devido a defeitos da via, os quilômetros 54, 70 e 71 apontam um grande número de mortos por acidente e os quilômetros 68, 69, 70 e 80, exibem um elevado número de acidentes que ocorrem nestes trechos.

Podemos observar que o Km 73 se encontra na 11^o posição com 422 acidentes, sendo 154 no sentido crescente e 268 no sentido decrescente, 180 feridos ficando na 12^o posição, sendo 60 no sentido crescente e 120 no sentido decrescente, 8 mortes (17^o), sendo 3 no sentido crescente e 5 no sentido decrescente. Com relação a acidentes devido a defeitos na via, o Km 73 se encontra na 5^o posição com 34, sendo 13 no sentido crescente e 21 no sentido decrescente. De uma maneira mais precisa, podemos analisar o quão perigoso o quilometro 73 se enquadra dentro do Contorno do Recife, apenas 3,13% dos acidentes nele aconteceram no que resultou em 2,74% das mortes, comparados aos outros quilômetros no período de 2007 a maio de 2018

Figura 15 - Km 73 – trecho estudado



Fonte: Google Earth

6.1.2 Sinalização horizontal e vertical

A sinalização horizontal é composta por linhas de eixo tracejadas e linhas de bordo, que em boa parte do trecho, no sentido crescente, encontra-se apagada ou desgastada. No sentido decrescente do Km 73, em todo o sentido, a sinalização horizontal está inexistente devido ao revestimento do pavimento com CBUQ que cobriu a sinalização e não houve serviço para refazê-la. Problema parecido é encontrado no sentido crescente devido a “grandes reparos”.

Com relação a sinalização vertical, pode-se observar uma certa carência, uma vez que foi de difícil determinação onde iniciava e terminava o quilômetro estudado, com exceção das placas de limite de velocidade (50 km/h) que estavam devidamente posicionadas, além da presença de um radar de fiscalização de velocidade no sentido crescente do trecho.

Figura 16 - Km 73 (sentido crescente) – Radar de velocidade



Fonte: Autoria própria

Figura 17 - Km 73 (sentido decrescente)



Fonte: Autoria própria

6.1.3 Pavimento

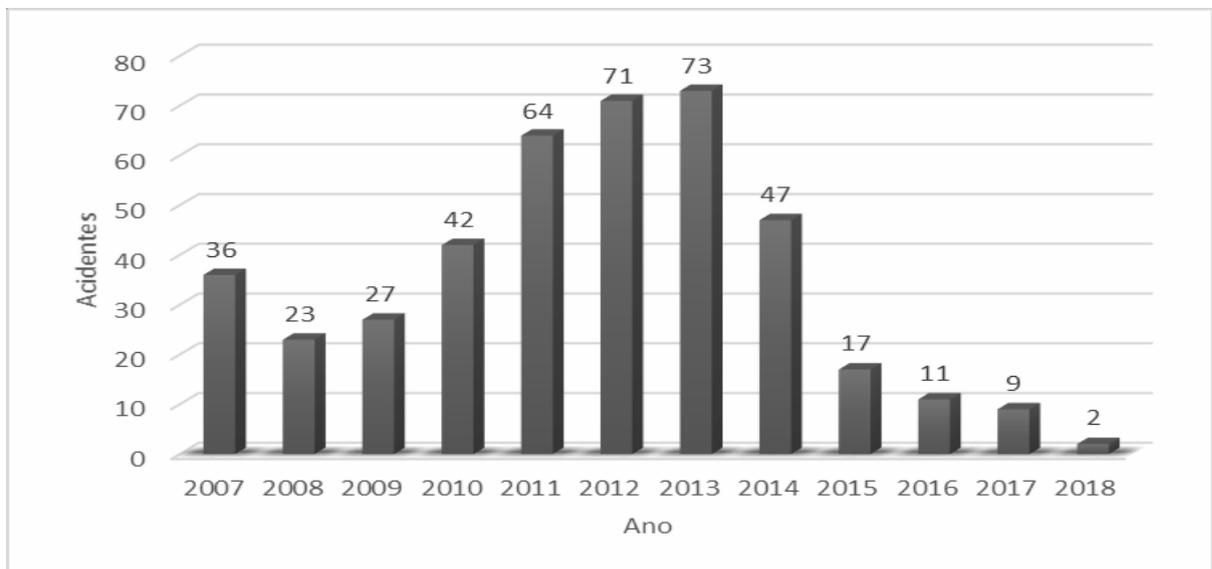
Por ser mais viável e ter maior durabilidade, a BR-101 teve sua composição original em pavimento rígido, sendo a melhor opção para a época da sua construção. Devido à contínua falta de manutenção, a via apresenta diversos defeitos em suas placas ao longo de toda extensão no estado.

Nos últimos anos foram feitos reparos ao longo do trecho do estado de Pernambuco com o revestimento do pavimento com CBUQ em boa parte de sua extensão. Pode-se observar no trecho em estudo, sentido decrescente, que toda sua extensão apresenta-se revestido de CBUQ. Vale ressaltar, também, que no sentido crescente encontra-se parte do trecho com “grandes reparos”. Esse tipo de reparo apresenta vantagens e desvantagens. Como vantagem temos a impermeabilização das placas (cobrindo os defeitos) protegendo a base e a sub-base. No entanto, apresenta desvantagens como a falta de reparo estrutural do pavimento, o que não contribui para a resolução do problema, sendo possível o reaparecimento dos defeitos das placas, além do aparecimento de problemas no revestimento asfáltico como fissuras, buracos, afundamento plástico, entre outros.

7 ANÁLISES DOS ACIDENTES DO KM 73

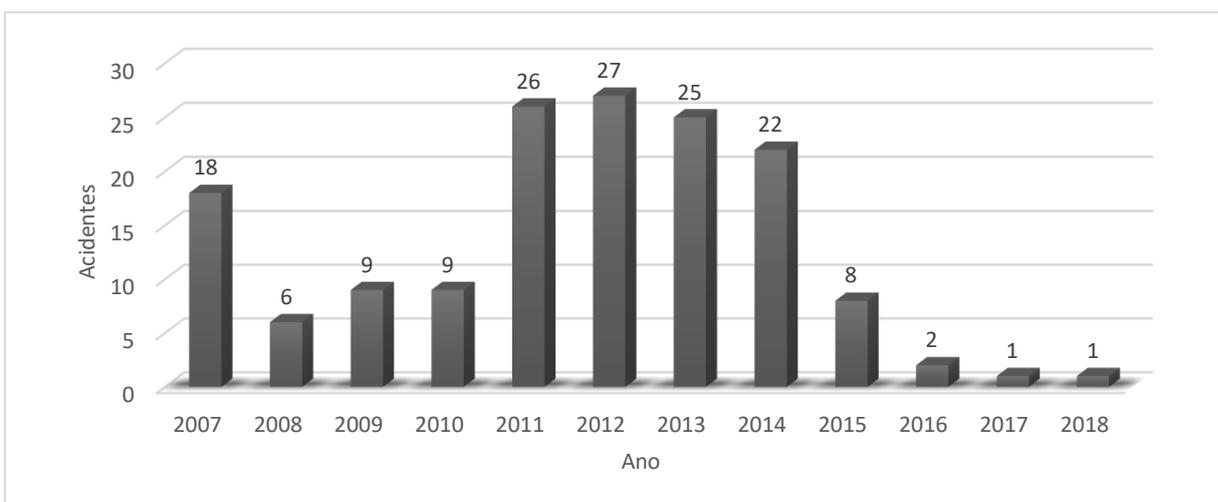
Após uma análise mais geral dos dados, parte-se para um estudo mais detalhado do quilômetro a ser estudado, separando os acidentes por sentido da rodovia (crescente ou decrescente), os tipos de acidente, as causas, horário do dia, gravidade e o dia da semana. Os acidentes diurnos são aqueles que ocorreram em horários de boa luminosidade natural (5 as 17h), os noturnos ocorreram em horários de nenhuma luminosidade natural (18 as 4h). Segue abaixo uma análise mais minuciosa:

Figura 18 - Total de acidentes no km 73 da BR-101/PE

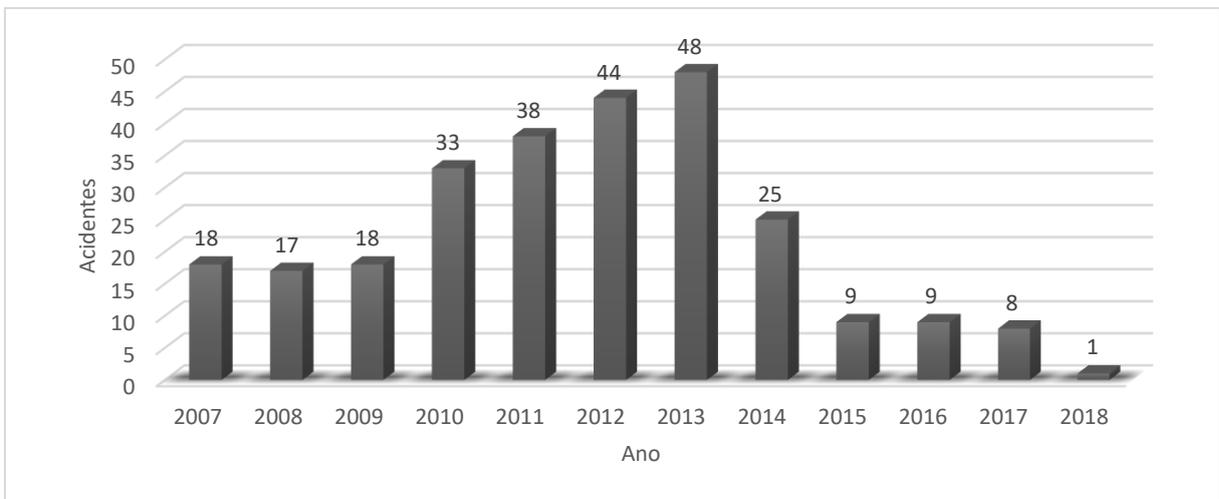


Fonte: DPRF

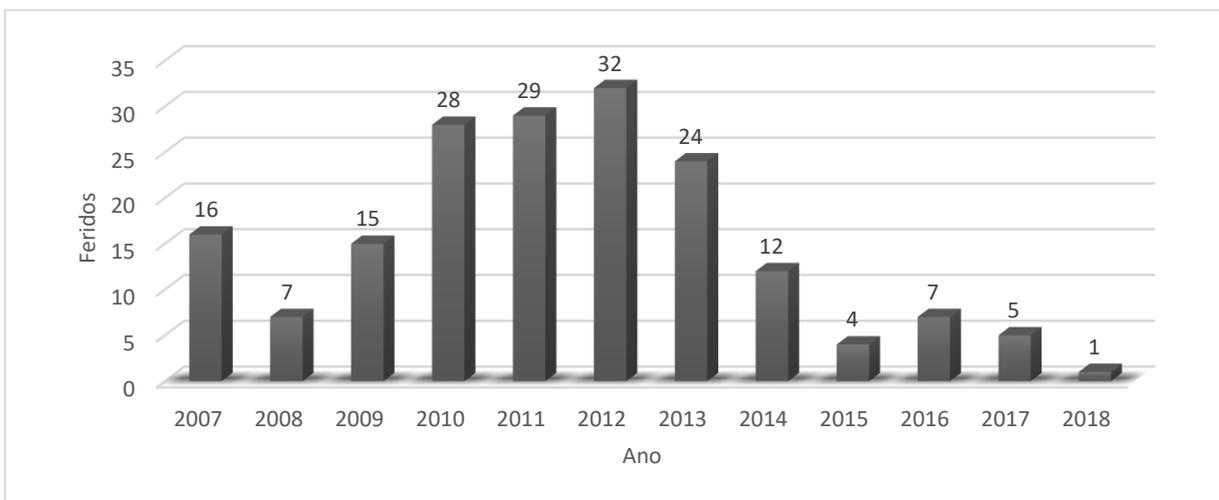
Figura 19 - Total de acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)



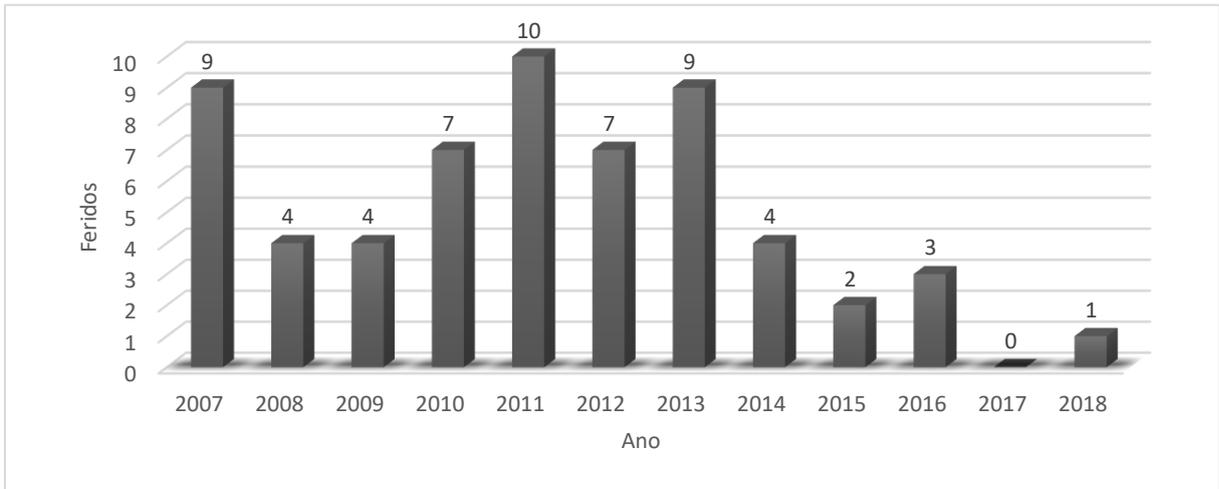
Fonte: DPRF

Figura 20 - Total de acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)

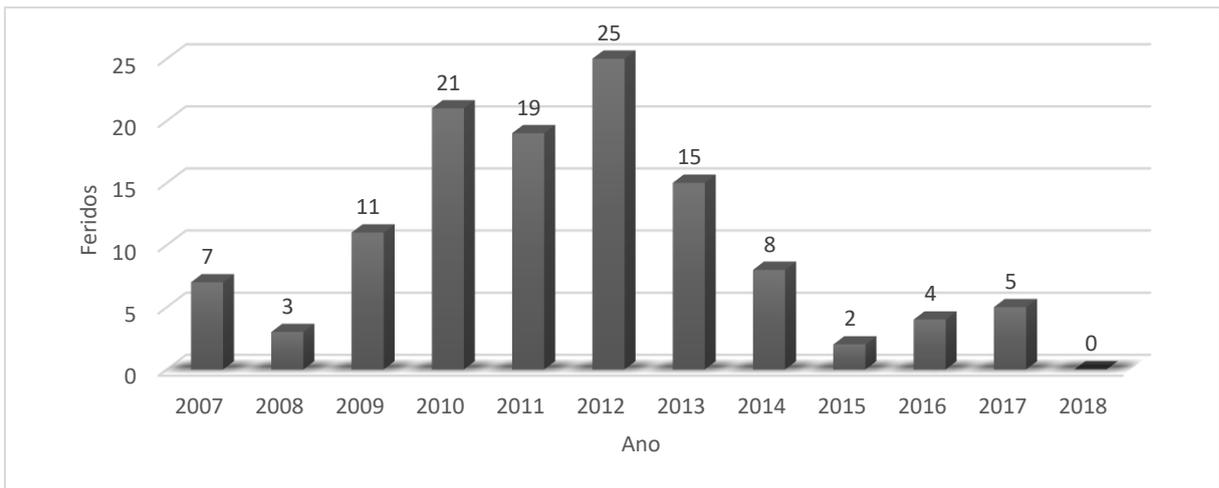
Fonte: DPRF

Figura 21 - Total de feridos no km 73 da BR-101/PE

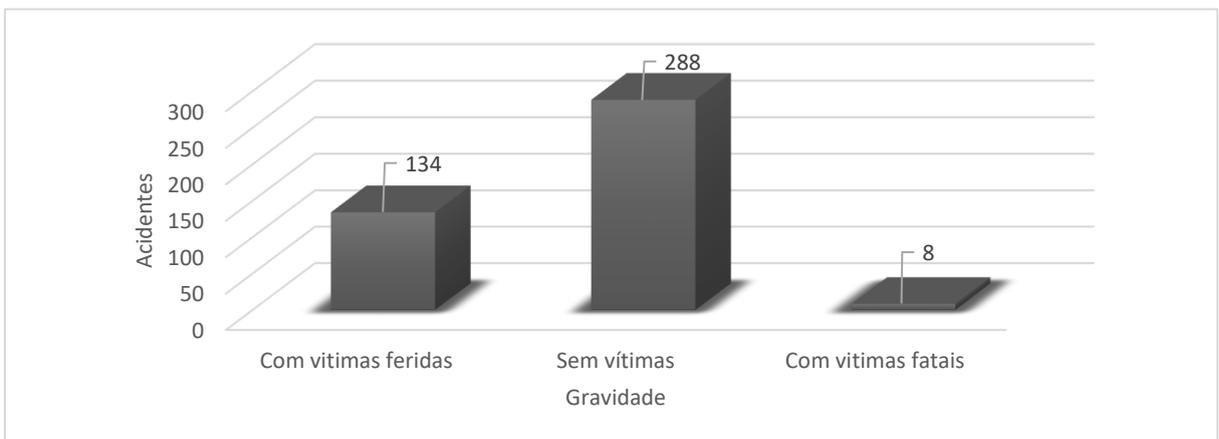
Fonte: DPRF

Figura 22 - Total de feridos no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)

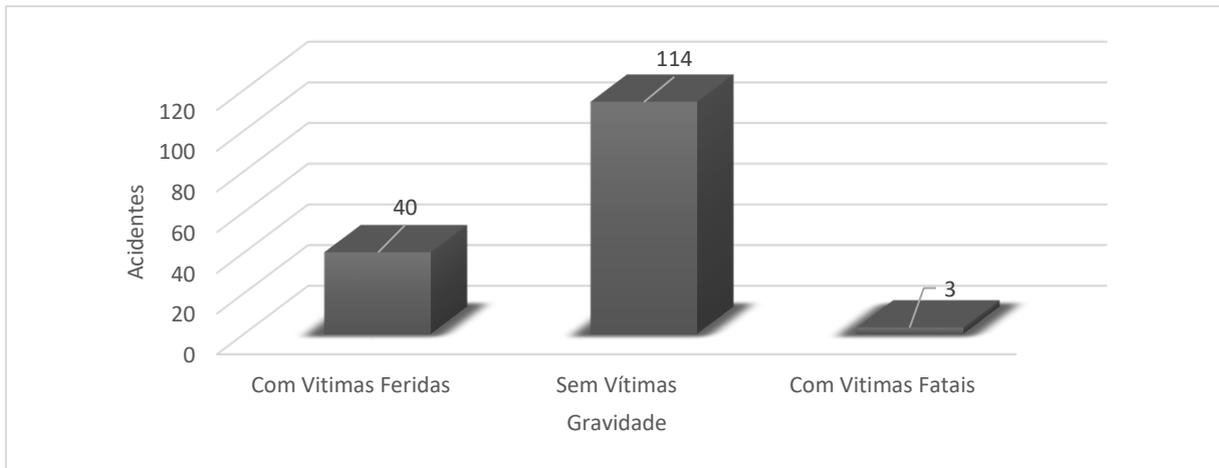
Fonte: DPRF

Figura 23 - Total de feridos no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)

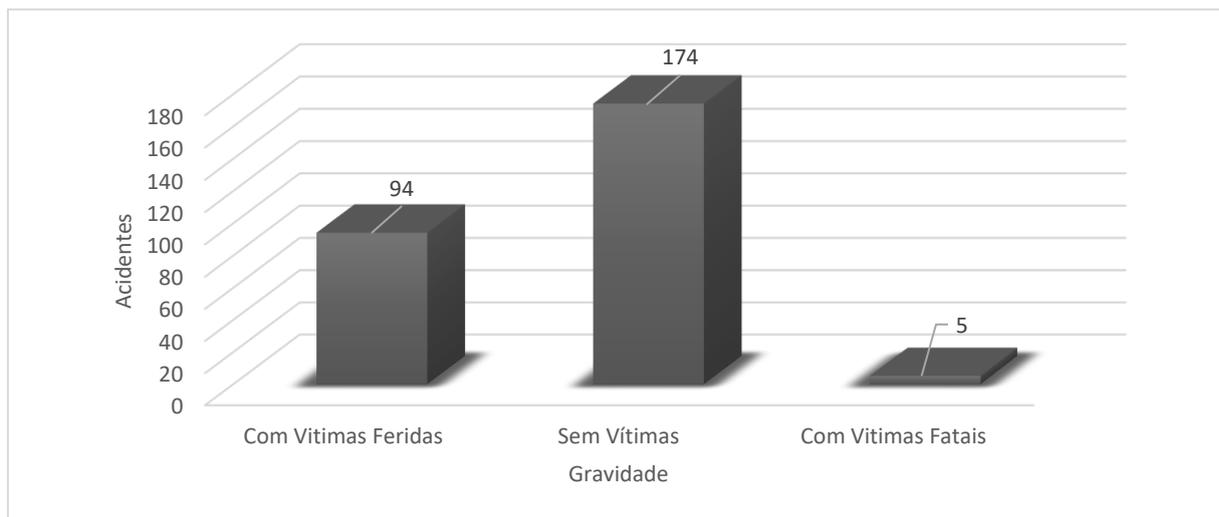
Fonte: DPRF

Figura 24 - Gravidade dos acidentes no km 73 da BR-101/PE

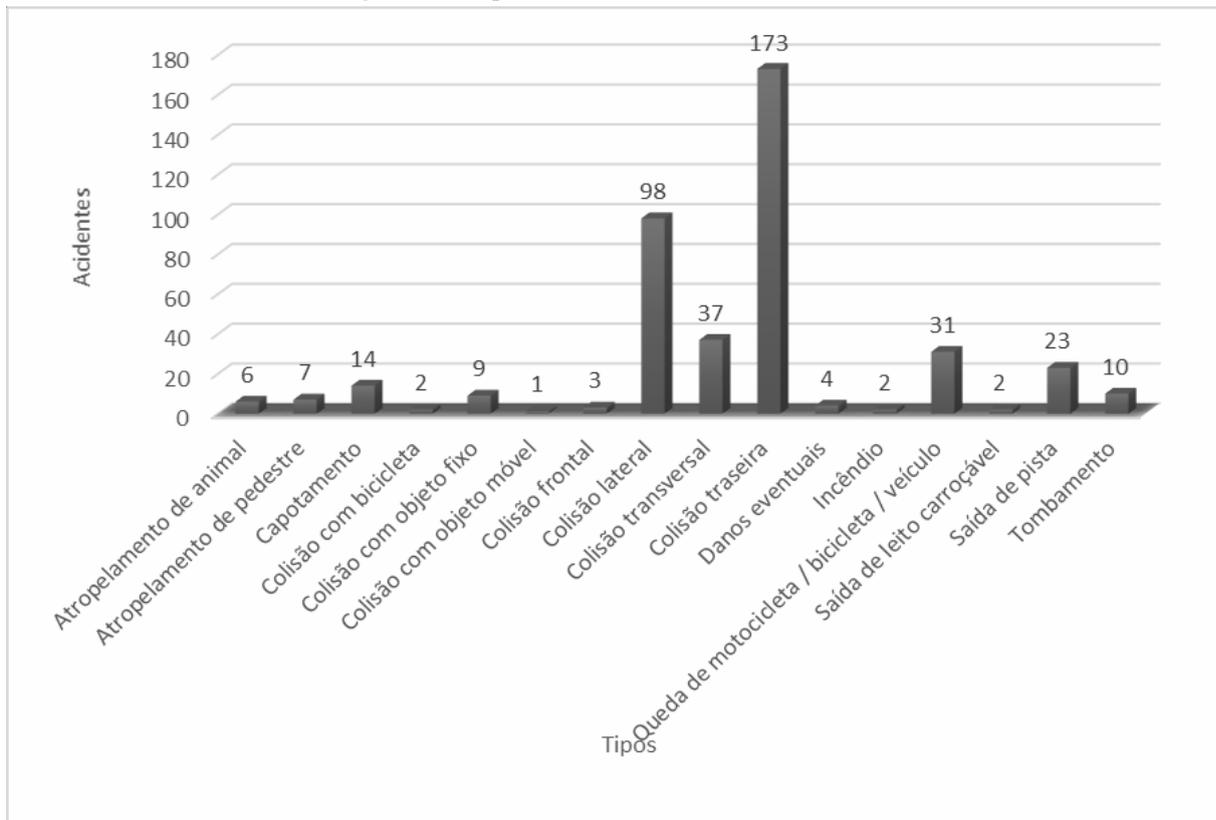
Fonte: DPRF

Figura 25 - Gravidade dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)

Fonte: DPRF

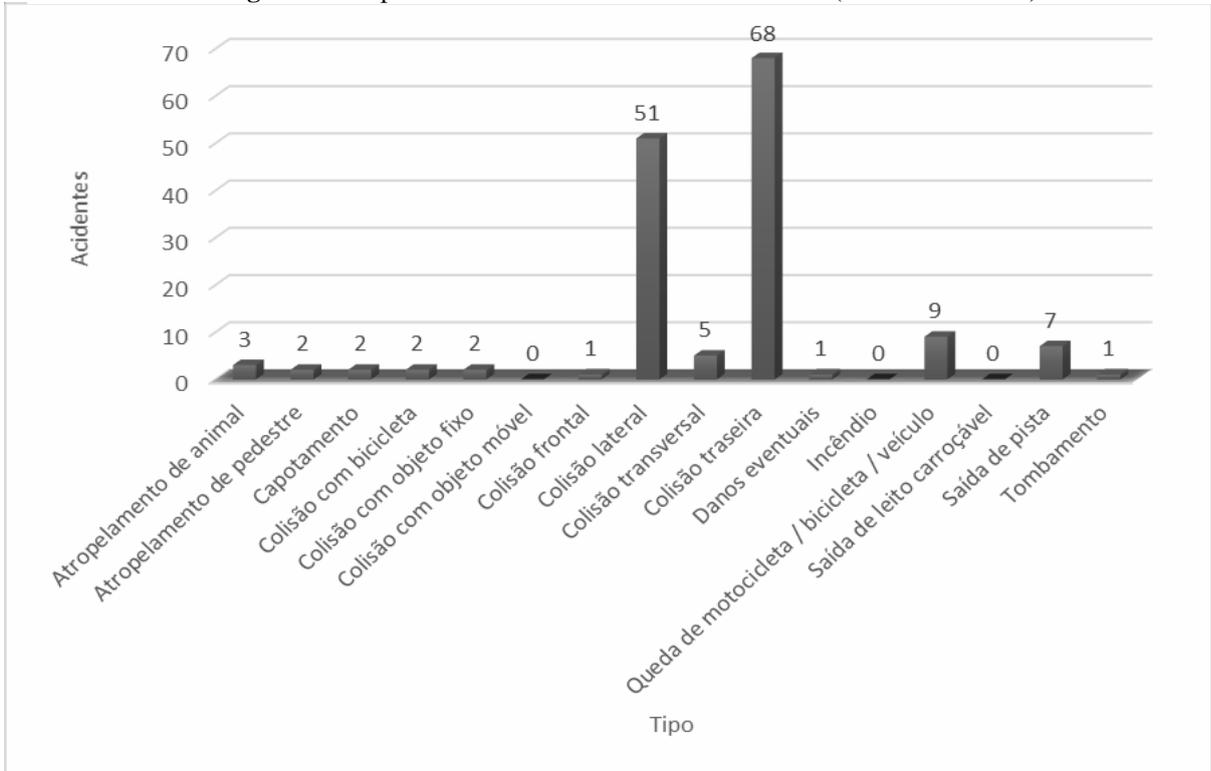
Figura 26 - Gravidade dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)

Fonte: DPRF

Figura 27 - Tipos de acidentes no km 73 da BR-101/PE

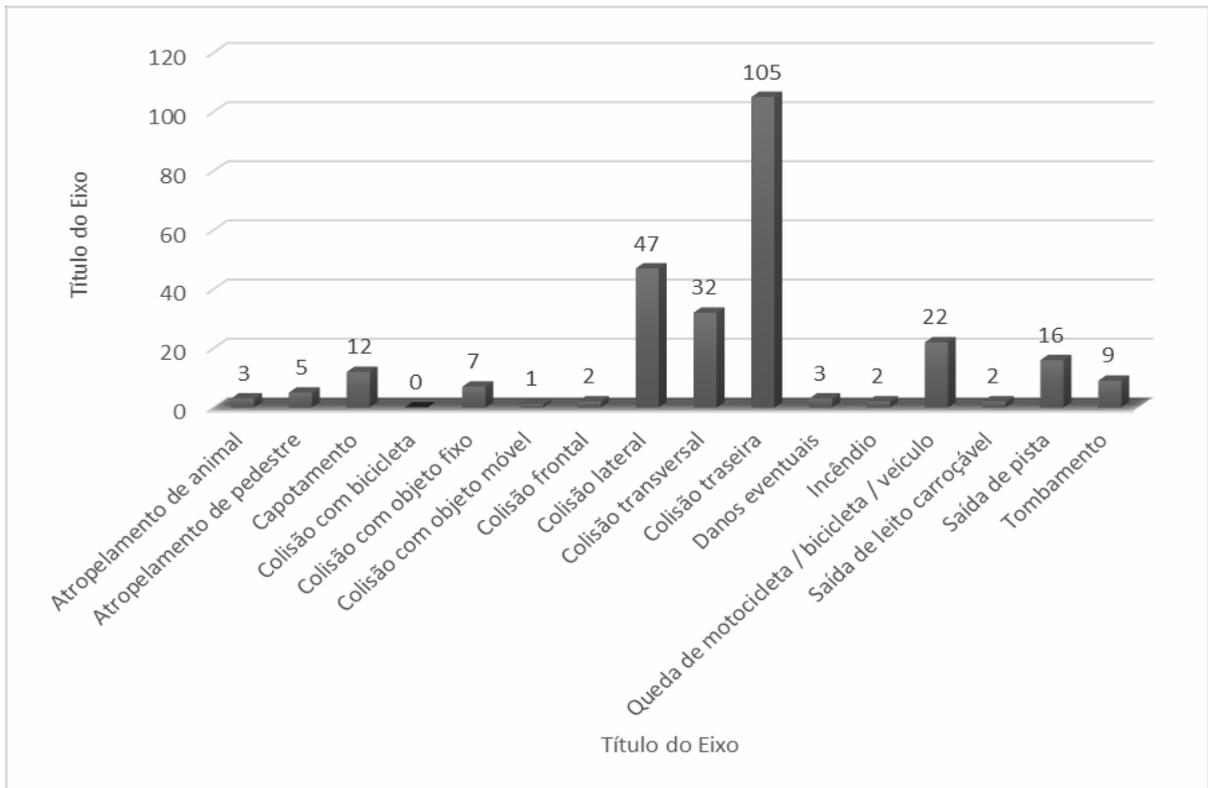
Fonte: DPRF

Figura 28 - Tipos de acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)

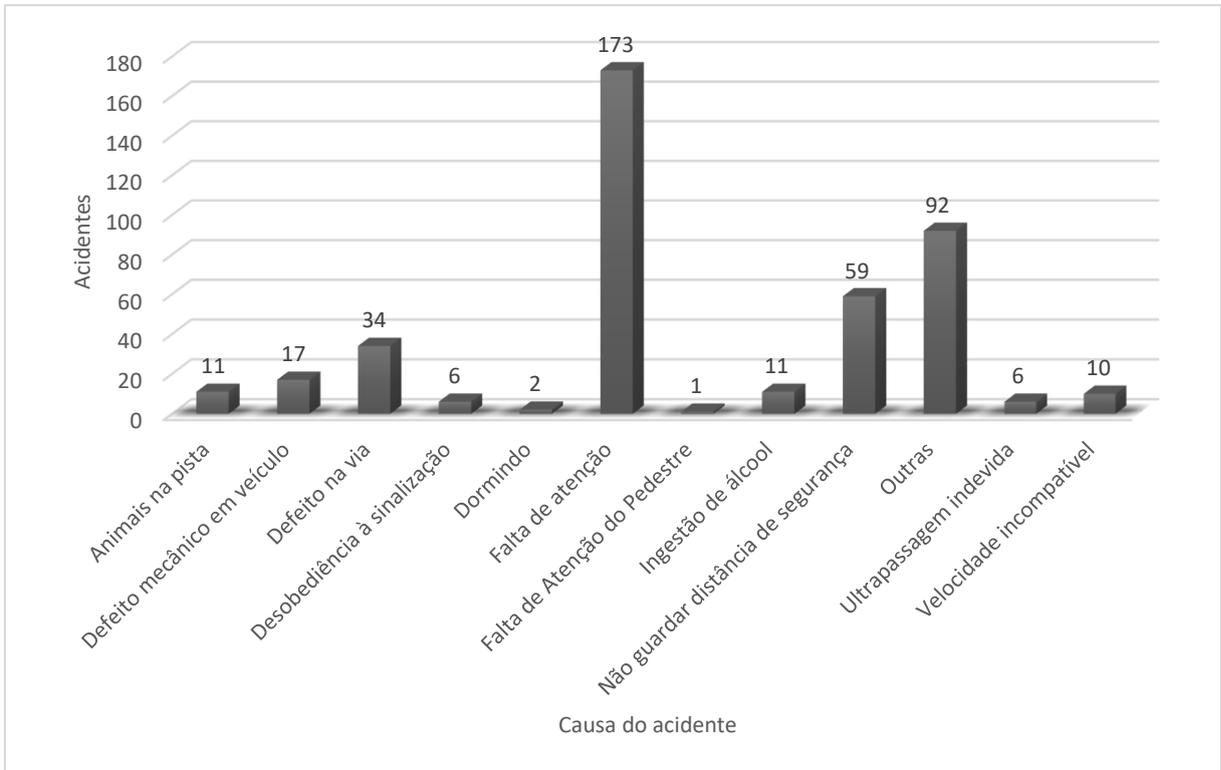


Fonte: DPRF

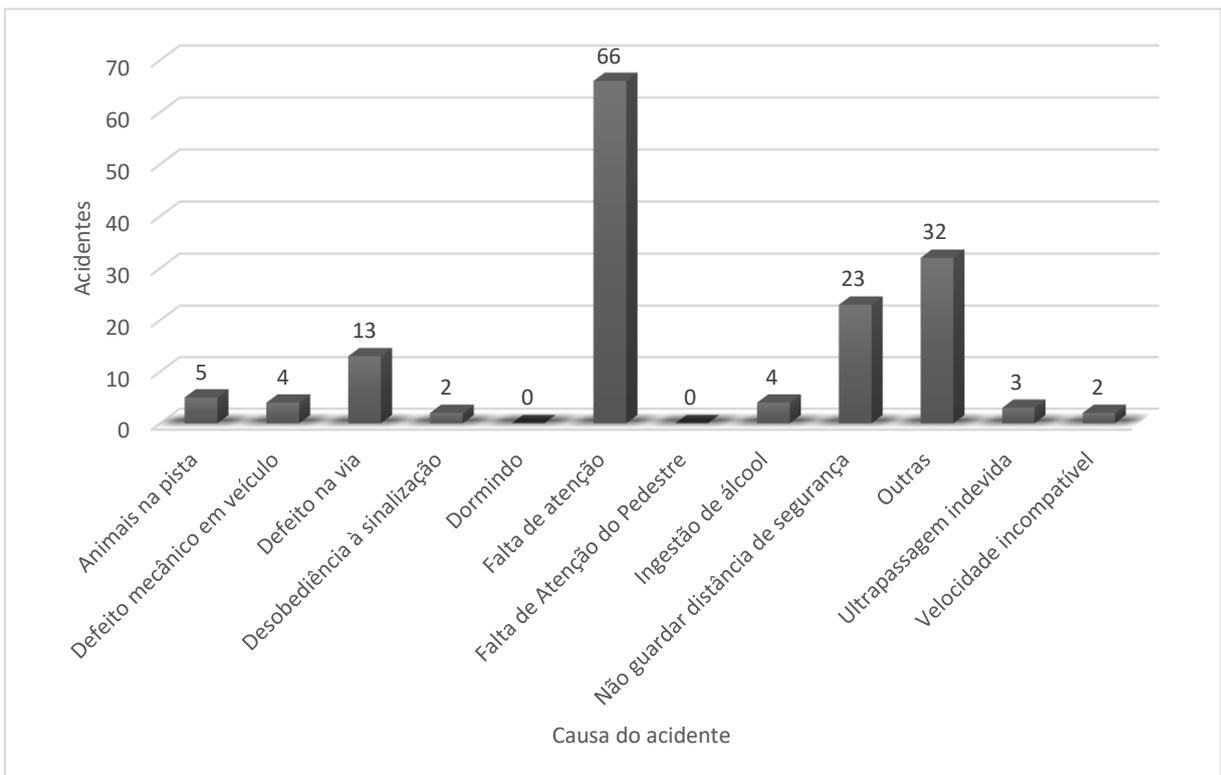
Figura 29 - Tipos de acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)



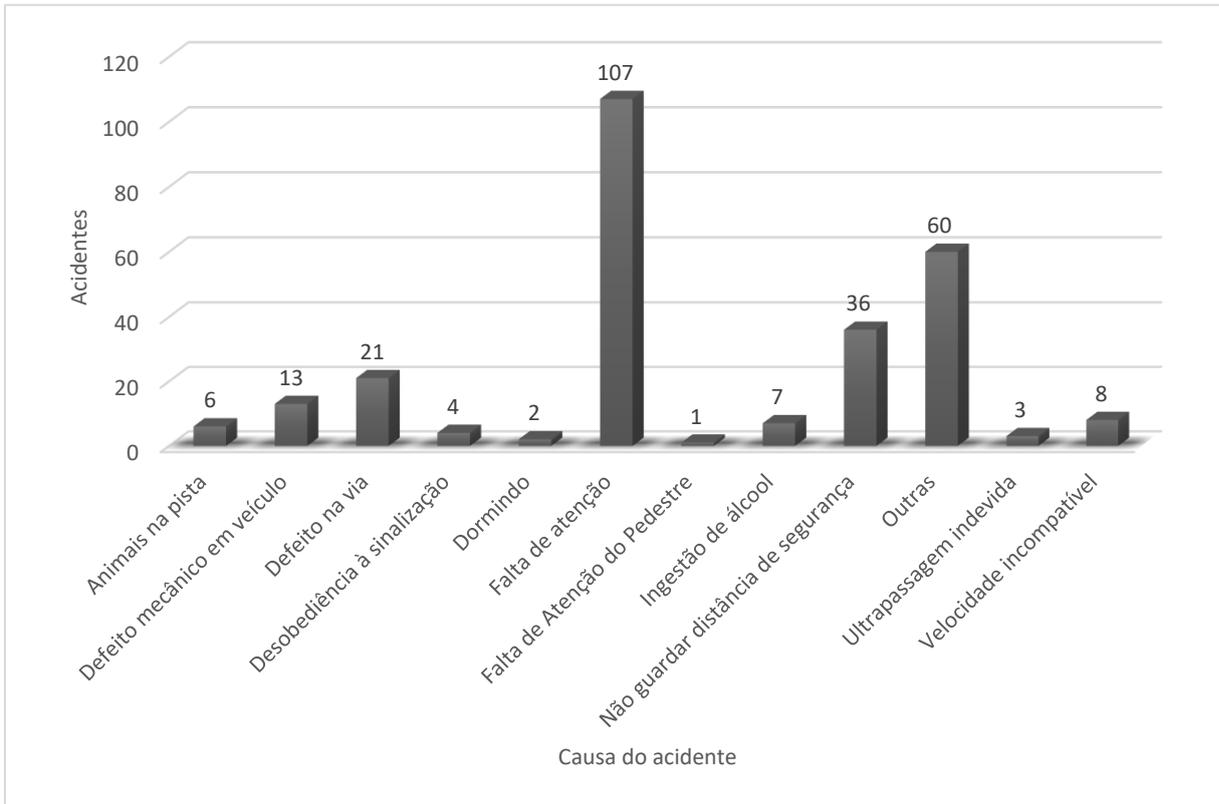
Fonte: DPRF

Figura 30 - Causas dos acidentes no km 73 da BR-101/PE

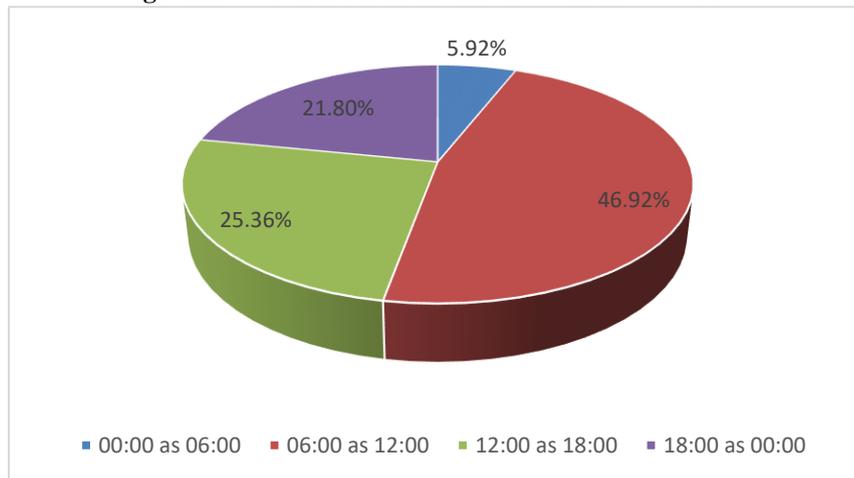
Fonte: DPRF

Figura 31 - Causas dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)

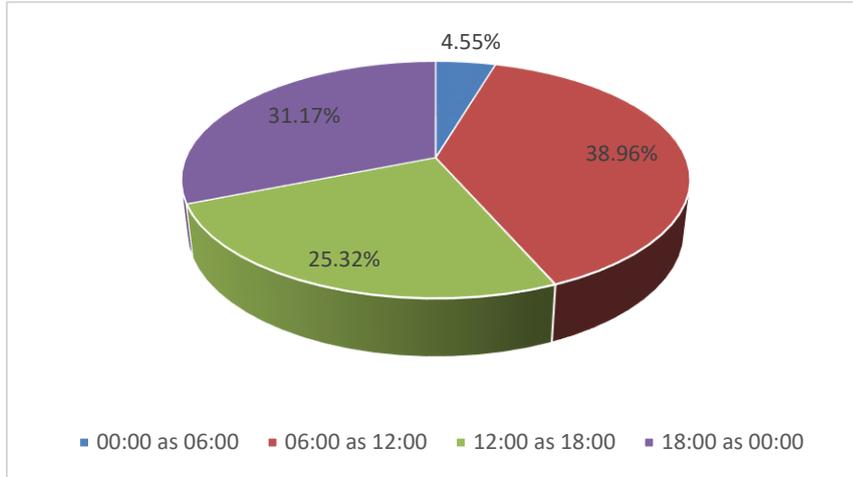
Fonte: DPRF

Figura 32 - Causas dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)

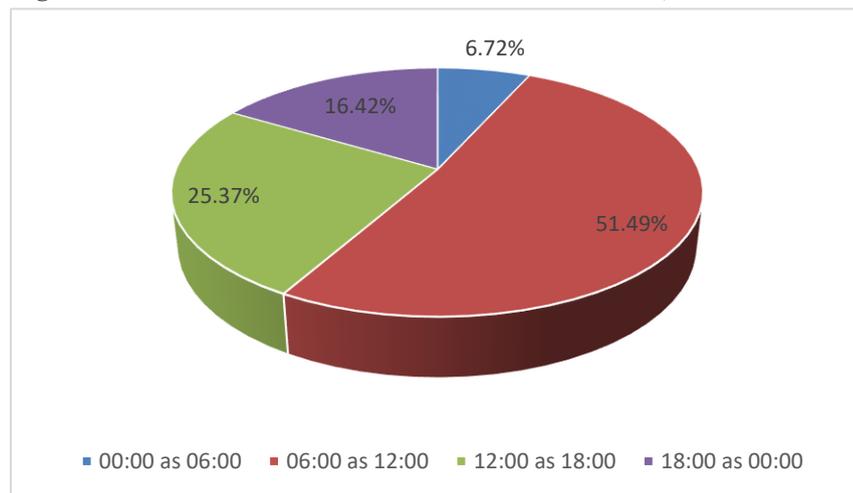
Fonte: DPRF

Figura 33 - Horário dos acidentes no km 73 da BR-101/PE

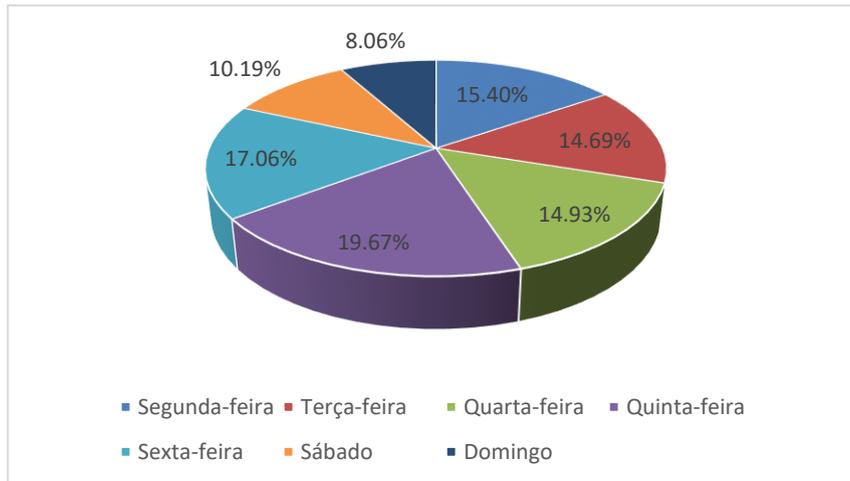
Fonte: DPRF

Figura 34 - Horário dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)

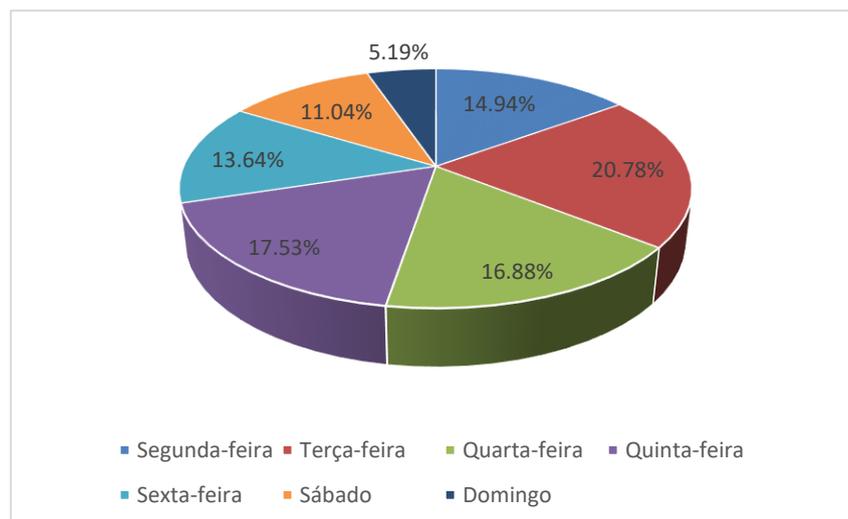
Fonte: DPRF

Figura 35 - Horário dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)

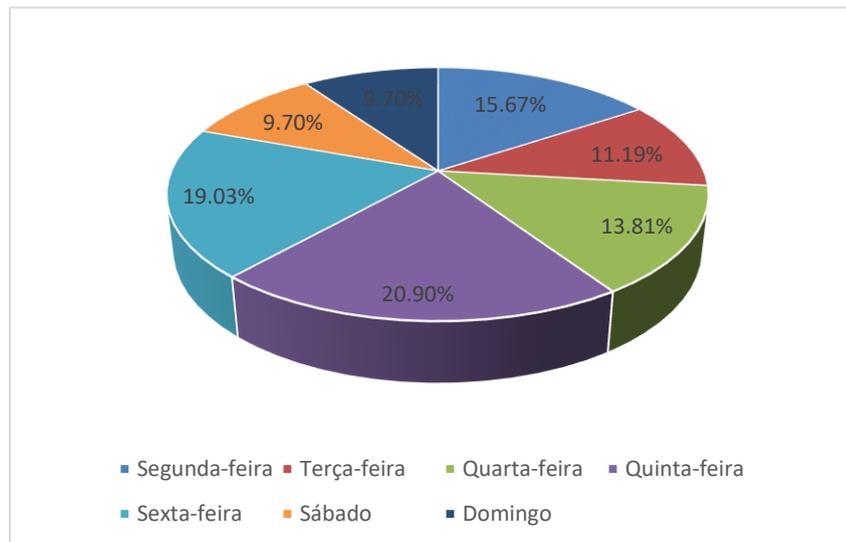
Fonte: DPRF

Figura 36 - Dias dos acidentes no km 73 da BR-101/PE

Fonte: DPRF

Figura 37 - Dias dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido crescente)

Fonte: DPRF

Figura 38 - Dias dos acidentes no km 73 da BR-101/PE (Sentido decrescente)

Fonte: DPRF

Após uma análise detalhada pode-se observar que a maior parte dos acidentes foi classificada como colisão traseira. Não apenas o trecho em questão estudado, como também o Contorno do Recife, que apresenta tráfego intenso. Esse tipo de acidente pode ser causado por vários fatores: defeitos na via, falta de atenção do condutor, entre outros.

Nota-se que o número de acidentes é maior no período da manhã, isso se deve a densidade do tráfego, onde no período diurno o tráfego é mais intenso. Já pelo período noturno, a causa dos acidentes neste quilômetro pode estar relacionada a ausência de iluminação, sinalização horizontal e vertical no trecho.

8 ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP)

Segundo a norma DNIT 062/2004 - PRO, o ICP é eficaz no fornecimento de informações ao engenheiro de pavimentação para a avaliação das condições da rodovia e estabelecer um regime de manutenção, prevenção e de recuperação. Este índice é calculado a partir da análise dos defeitos do pavimento em um certo trecho ou toda sua extensão, e do grau de severidade destes defeitos.

A norma DNIT 061/2004 – TER apresenta os defeitos que ocorrem nos pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland, padronizando os termos adotados na elaboração de normas, projetos, manuais e outros textos relacionados aos pavimentos rígidos. Na tabela abaixo encontram-se os 20 tipos de defeitos descritos na norma.

Tabela 2 - Tipos de defeitos

TIPOS DE DEFEITOS			
1.	Alçamento de placas	11.	Bombeamento
2.	Fissura de canto	12.	Quebras localizadas
3.	Placa dividida	13.	Passagem de nível
4.	Degrau na juntas	14.	Fissuras superficiais e escamação
5.	Falha na selagem das juntas	15.	Fissuras de retração plástica
6.	Desnível pavimento-acostamento	16.	Esborcinamento ou quebra de canto
7.	Fissuras lineares	17.	Esborcinamento de juntas
8.	Grandes reparos	18.	Placa "bailarina"
9.	Pequenos reparos	19.	Assentamento
10.	Desgaste superficial	20.	Buracos

Fonte: Norma DNIT 061/2004 - TER

O grau de severidade dos defeitos estão relacionados a sua dimensão, condição ou o quanto afetam o conforto, segurança e tráfego, e podem ser classificados em:

- Baixo (B): o defeito causa um baixo desconforto de rolamento, não sendo necessário o condutor reduzir a velocidade ou desviar do defeito;
- Médio (M): o defeito causa um médio desconforto de rolamento, sem comprometer o tráfego;
- Alto (A): o defeito compromete a segurança do rolamento, causando interrupções no tráfego, devendo ser reparado imediatamente.

Para calcular o ICP, deve-se:

a) Obter os valores deduzíveis nas curvas constantes anexadas na norma DNIT 062/2004-PRO;

Figura 39 - Curva de alçamento de placas

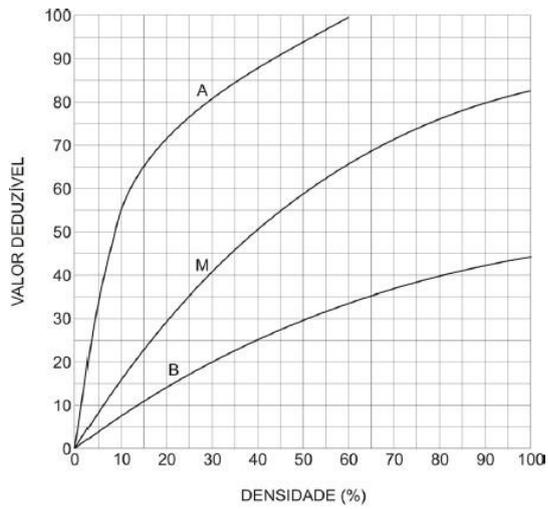


Figura 40 - Curva de fissuras de canto

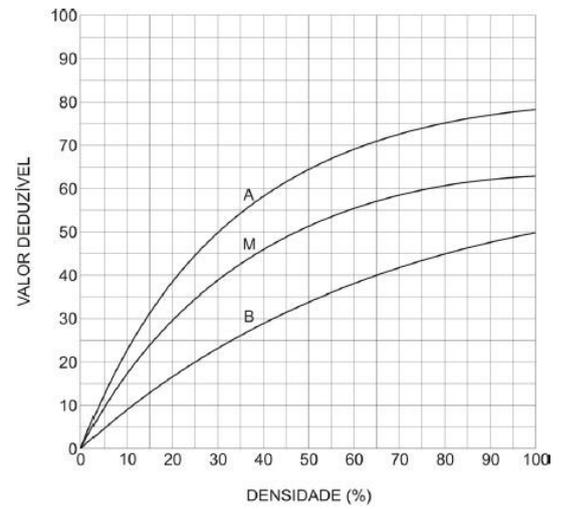


Figura 41 - Curva de degrau nas juntas

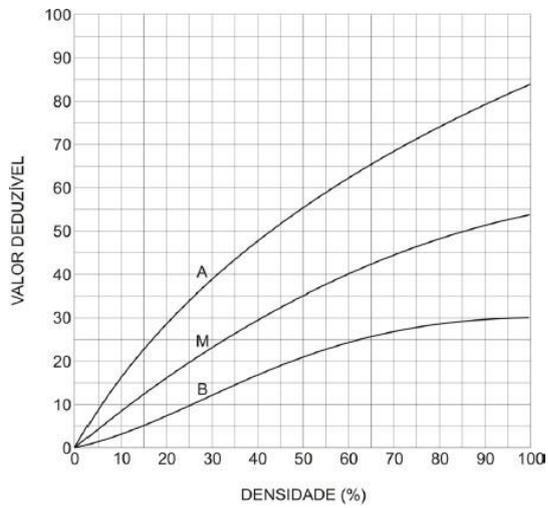


Figura 42 - Curva de placa dividida

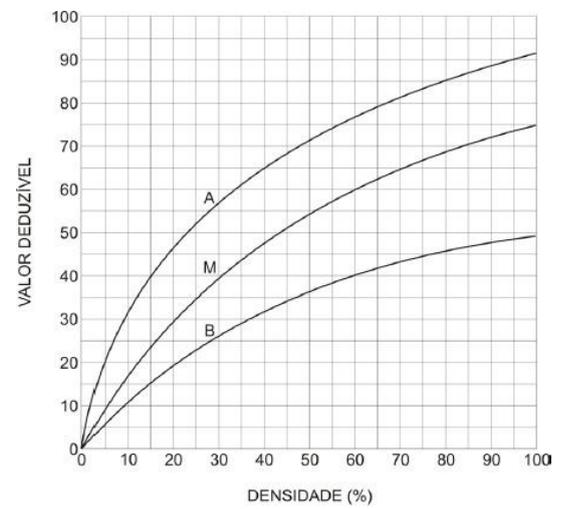


Figura 46 - Curva de desnível pavimento - acostamento

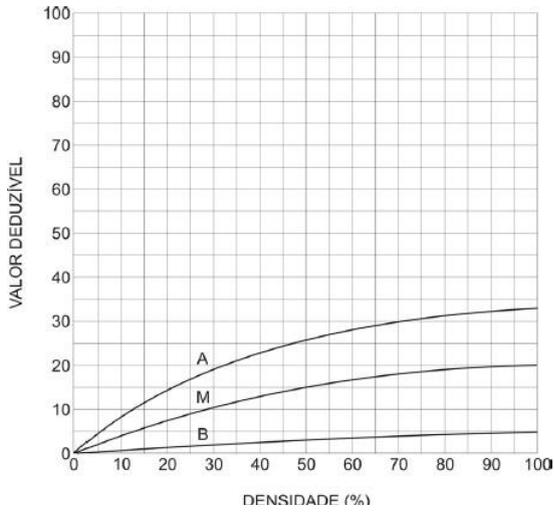


Figura 45 - Curva de fissuras lineares

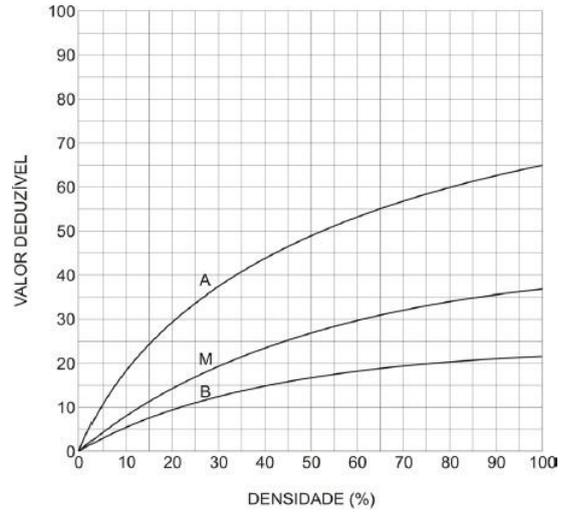


Figura 43 - Curva de pequenos reparos

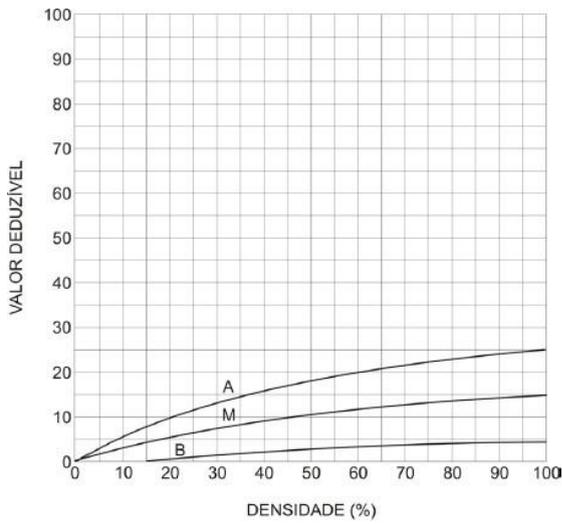


Figura 44 - Curva de grandes reparos

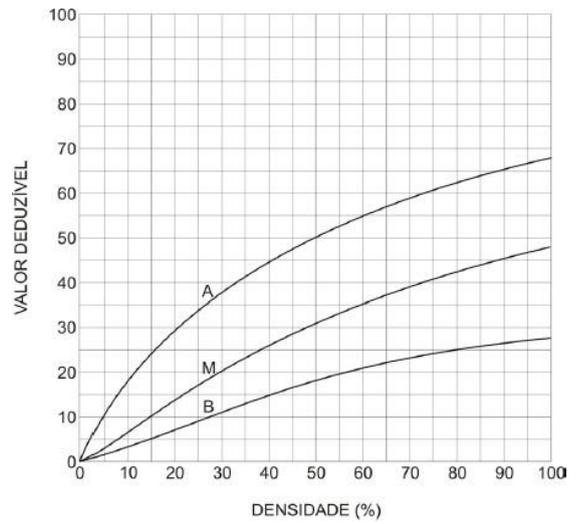


Figura 48 - Curva de desgaste superficial

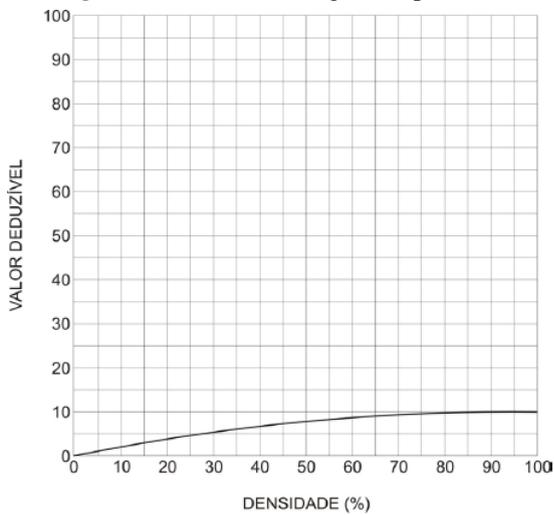


Figura 47 - Curva de bombeamento

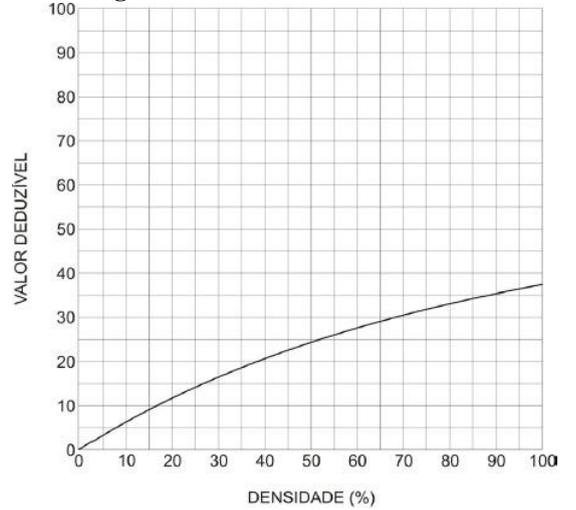


Figura 52 - Curva de quebra localizada

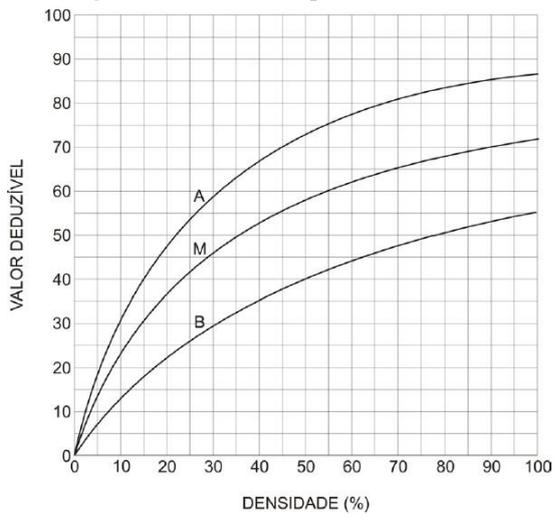


Figura 51 - Curva passagem de nível

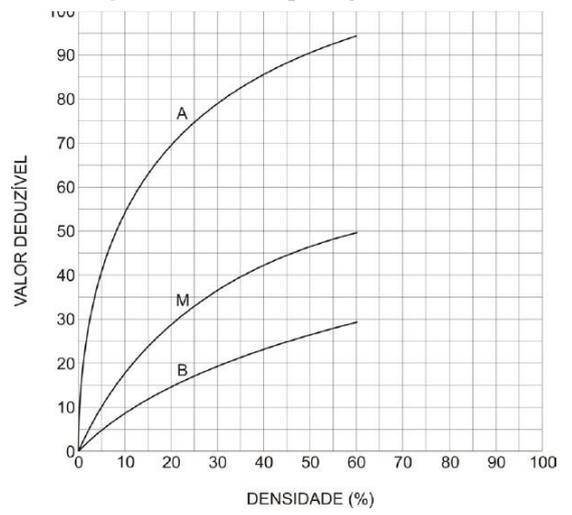


Figura 50 - Curva de fissuras superficiais

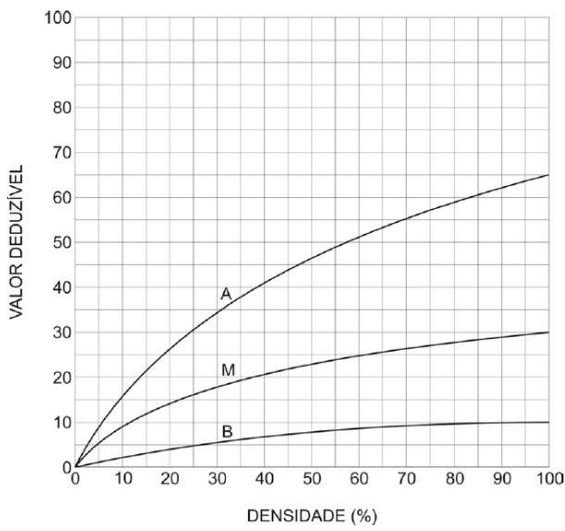


Figura 49 - Curva de fissuras de retração plástica

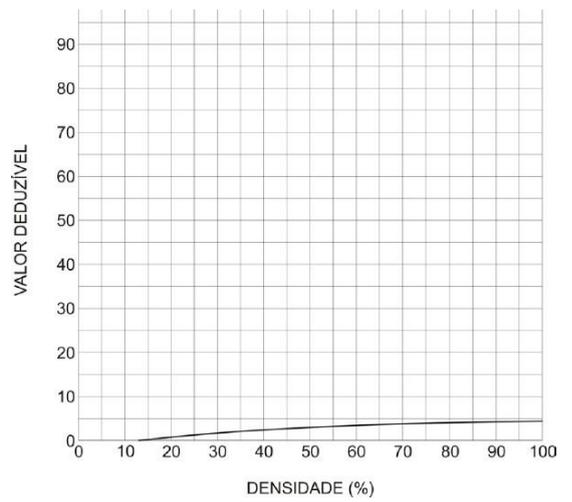


Figura 54 - Curva de quebra de canto

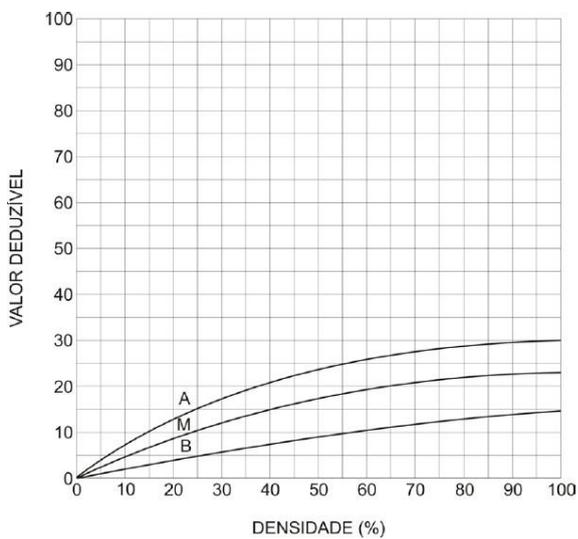


Figura 53 - Curva de esborcinamento de juntas

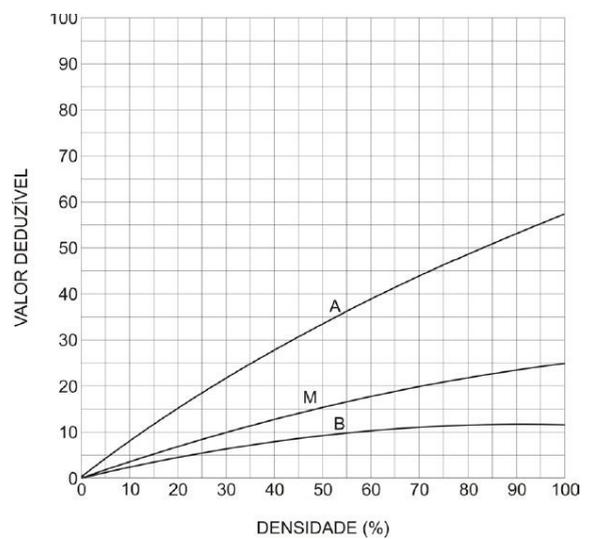
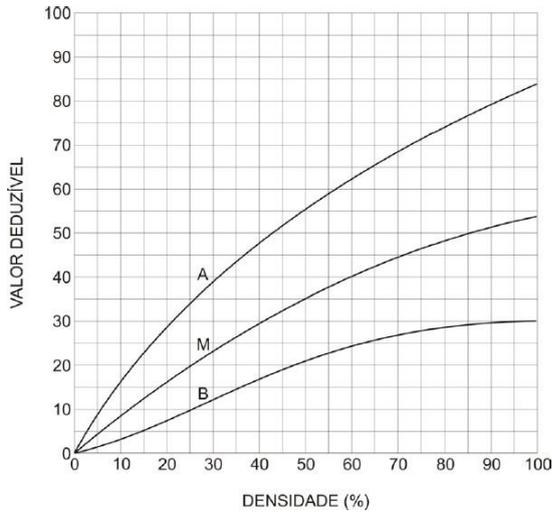
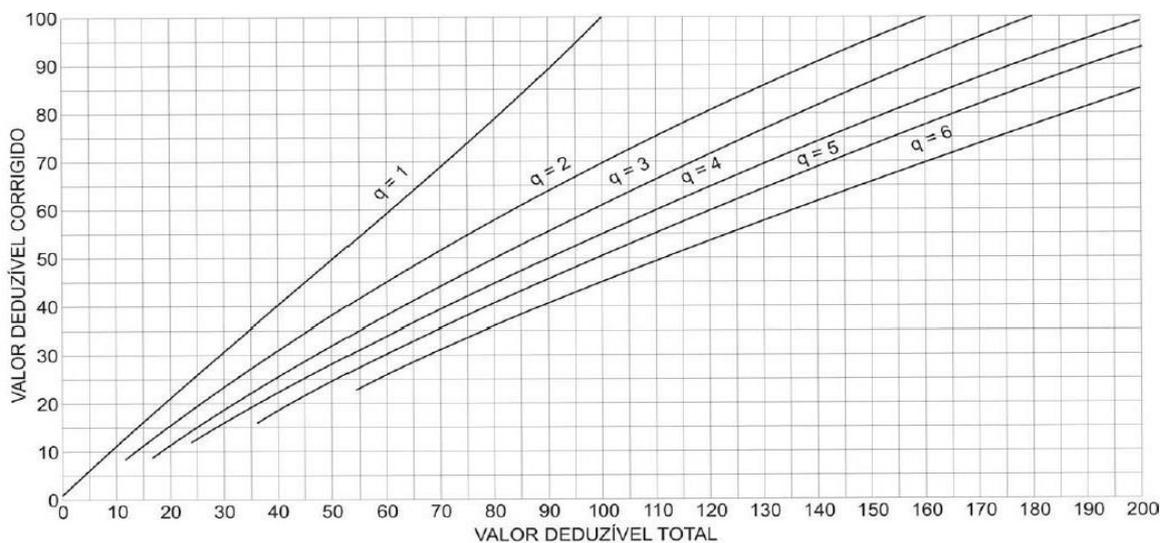


Figura 55 - Curva de placa bailarina

- a) Somar os valores deduzíveis obtidos nas curvas;
- b) Corrigir o somatório dos valores deduzíveis obtendo o VDC, utilizando o gráfico anexado na norma DNIT 062/2004-PRO;

Figura 56 - Curva de valor deduzível corrigido, para pavimentos de concreto simples

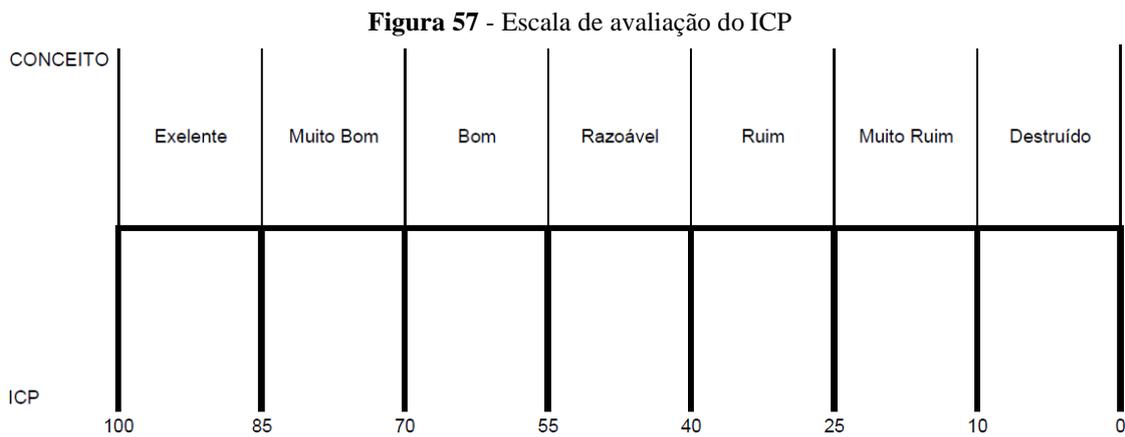
Fonte: NORMA DNIT 062/2004 - PRO

Sendo:

q = número de valores deduzíveis superiores a 5, considerando o maior valor para cada tipo de defeito.

c) Por último, chegar ao valor do ICP, por meio da seguinte subtração: $100 - VDC$.

Na norma DNIT 062/2004 – PRO encontra-se uma escala de avaliação do ICP, sendo classificado de 0 a 100, relacionando o ICP com a condição do pavimento.



Fonte: NORMA DNIT 062/2004 – PRO

Se a inspeção for em todo o trecho, o valor do ICP do trecho pode ser obtido com a média aritmética dos valores dos ICP obtidos para as amostras.

8.1 CÁLCULO DO ICP DO KM 73 DA BR-101/PE

Para a realização deste estudo, foi feito o cálculo do ICP para cada faixa, cada sentido e todo o trecho do Km 73. Sendo composto por placas de 6 m de comprimento, foi obtido um total de 167 placas por faixa, com isso em cada sentido são 334 placas e um total de 668 placas para todo o trecho analisado. Foi observado que em todo o trecho decrescente e parte do sentido crescente encontra-se pavimentado com CBUQ, sendo identificado o tipo de defeito como “GRANDES REPAROS” e “PEQUENOS REPAROS”.

A análise do trecho é feita através de uma avaliação individual de cada placa, identificando todos os seus defeitos e seus graus de severidades. Segue abaixo a definição de todos os defeitos encontrados no KM 73 de acordo com a norma DNIT 061/2004 – TER:

- GRANDES REPAROS: *“Área do pavimento original maior que 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento”*.
- PEQUENOS REPAROS: *“Área do pavimento original menor ou igual a 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento”*.
- DESGASTE SUPERFICIAL: *“Caracteriza-se pelo descolamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento, e com o tempo fiquem com a superfície polida”*.
- FISSURAS LINEARES: *“São fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes”*. Podendo aparecer transversalmente (na largura da placa), longitudinalmente (no comprimento da placa) e diagonalmente (inclinadas que interceptam as juntas do pavimento).
- QUEBRA LOCALIZADAS: *“São áreas das placas que se mostram trincadas e partidas em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si (em torno de 1,5 m)”*.
- FALHA NA SELAGEM DAS JUNTA: *“É qualquer avaria no material selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta ou que permita a infiltração de água”*.
- PLACA DIVIDIDA: *“É a placa que apresenta fissuras dividindo-a em quatro ou mais partes”*.
- FISSURA DE CANTO: *“É a fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto. Esta fissura geralmente atinge toda a espessura da placa”*.

- **ESBORCINAMENTO OU QUEBRA DE CANTO:** “São quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60 cm do canto”.

Após a identificação dos defeitos e atribuição dos seus graus de severidade, obtém-se os valores deduzíveis nas curvas anexados na norma DNIT 062/2004 – PRO, a partir da densidade de placas que apresentam tais defeitos. Com isso, calcula-se o ICP seguindo a metodologia mostrada anteriormente.

8.1.1 Resultado do cálculo do ICP – Sentido crescente

Tabela 3 - Cálculo do ICP do sentido crescente (faixa da direita)

TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
DESGASTE SUPERFICIAL	-----	61	37	6
FALHA NA SELAGEM DAS JUNTAS	B	-----	-----	2
FISSURA DE CANTO	B	3	2	2
FISSURAS LINEARES	B	19	11	6
GRANDES REPAROS	B	108	65	22
PEQUENOS REPAROS	B	1	1	0
PLACA DIVIDIDA	M	1	1	1
PLACA DIVIDIDA	B	3	2	2
QUEBRA LOCALIZADA	M	1	1	2
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				43
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				28
ICP = 100 - VDC =		72	CONCEITO	MUITO BOM

Tabela 4 - Cálculo do ICP do sentido crescente (faixa da direita)

TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUTÍVEL
DESGASTE SUPERFICIAL	-----	87	52	8
FALHA NA SELAGEM DAS JUNTAS	B	-----	-----	2
FISSURA DE CANTO	B	2	1	1
FISSURAS LINEARES	B	40	24	11
GRANDES REPAROS	B	89	53	18
PEQUENOS REPAROS	B	1	1	0
PLACA DIVIDIDA	B	4	2	2
QUEBRA DE CANTO	B	2	1	0
QUEBRA DE CANTO	M	1	1	1
QUEBRA LOCALIZADA	B	1	1	1
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				44
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				28
ICP = 100 - VDC =	72		CONCEITO	MUITO BOM

Tabela 5 - Cálculo do ICP do sentido crescente

TRECHO	ICP
Faixa da direita	72
Faixa da esquerda	72
TOTAL	72

8.1.2 Resultado do cálculo do ICP – Sentido decrescente

Tabela 6 - Cálculo do ICP do sentido decrescente (faixa da esquerda)

TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUTÍVEL
GRANDES REPAROS	B	167	100	27,5
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				27,5
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				27,5
ICP = 100 - VDC=	72,5		CONCEITO	MUITO BOM

Tabela 7 - Cálculo do ICP do sentido decrescente (faixa da direita)

TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	Nº DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUTÍVEL
GRANDES REPAROS	B	167	100	27,5
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				27,5
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				27,5
ICP = 100 - VDC=		72,5	CONCEITO	MUITO BOM

Tabela 8 - Cálculo do ICP do sentido decrescente

TRECHO	ICP
Faixa da direita	72,5
Faixa da esquerda	72,5
TOTAL	72,5

8.1.3 Resultado do cálculo do ICP – Trecho total

Tabela 9 - Cálculo do ICP do trecho total

TRECHO	ICP
CRESCENTE	72
DECRESCENTE	72,5
TOTAL	72,25

8.1.4 Resumo dos resultados dos cálculos do ICP

Tabela 10 - Resultados dos cálculos do ICP

TRECHO	ICP	CLASSIFICAÇÃO
Faixa da direita (crescente)	72	Muito bom
Faixa da esquerda (crescente)	72	Muito bom
Faixa da direita (decrecente)	72,5	Muito bom
Faixa da esquerda (decrecente)	72,5	Muito bom
Crescente	72	Muito bom
Decrescente	72,5	Muito bom
Total	72,25	Muito bom

9 REQUALIFICAÇÃO DA BR-101 NO CONTORNO DO RECIFE

Segundo o Jornal do Comercio, as obras de requalificação da BR-101 começaram em 19 setembro de 2017 e com previsão de término em meados de 2019. O projeto prevê a recuperação de 30,7 km de extensão entre as cidades de Paulista e Jaboatão dos Guararapes. O serviço será executado em 16 etapas, cada uma correspondendo a cerca de 4 quilômetros. O custo da obra é de R\$ 192 milhões, sendo financiada por meio de um convênio firmado entre o governo de Pernambuco e o Ministério dos transportes.

“A rodovia receberá intervenção em todo o seu pavimento, com reforço nas camadas asfáltica e de suporte, além da melhoria em sua estrutura de drenagem. Os serviços contemplam ainda a selagem de placas existentes, a recuperação do acostamento e de vias marginais, a adequação e a recuperação de alças viárias e a restauração de trecho da Avenida Recife”. (Fonte: Jornal do Comércio)

Figura 58 - Obra de requalificação da BR-101 em Pernambuco



Fonte: Jornal do Comércio

10 CONCLUSÃO

Percebe-se, portanto, que por mais que o Km 73 seja o 11º na classificação de número de acidentes do Contorno do Recife, o mesmo foi classificado pelo ICP como “muito bom”, em cada sentido e no trecho total. Este resultado provavelmente está relacionado aos reparos feitos no pavimento com CBUQ.

De acordo com os resultados da pesquisa, podemos concluir que:

- A sinalização pode estar relacionada a ocorrência dos acidentes, pois como foi observado em campo, no sentido crescente a sinalização horizontal encontra-se desgastada e apagada em grande parte do trecho, já o sentido decrescente não apresenta sinalização horizontal. A sinalização vertical encontra-se escassa em todo o trecho;
- A iluminação pode ser um agravante para a ocorrência dos acidentes, apesar de que a maior parte dos acidentes ocorreram no período diurno;
- A geometria, em todo o trecho, é plana e com uma única curva horizontal, logo não deve ser um fator de risco para a ocorrência de acidentes.

Vale ressaltar, que a BR-101 foi construída em 1975 em pavimento rígido como sua constituição original, que tem vida útil de 20 anos. Sendo assim, após 43 anos de uso e má manutenção, a solução seria refazer o trecho, melhorando iluminação, sinalização, drenagem e principalmente trocar todo o pavimento por novas placas de concreto.

REFERÊNCIAS

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. Nomenclatura da rodovias federais. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais>>. Acesso em: Julho de 2018.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. Norma DNIT 060/2004 – PRO - Pavimento Rígido – Inspeção Visual – Procedimentos. Rio de Janeiro: 2004.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. Norma DNIT 061/2004 – TER - Pavimento Rígido – Defeitos – Terminologia. Rio de Janeiro: 2004.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. Norma DNIT 062/2004 - PRO: Pavimento Rígido – Avaliação Objetiva – Procedimento. Rio de Janeiro: 2004.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. Estatística de acidentes. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes>>. Acesso em: julho de 2018.

Jornal do Comércio - JC. Começam obras de requalificação da BR-101 no Contorno do Recife. Disponível em: <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2017/09>

[/19/comecam-obras-de-requalificacao-da-br-101-no-contorno-do-recife-307607.php](http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2017/09/19/comecam-obras-de-requalificacao-da-br-101-no-contorno-do-recife-307607.php)>. Acesso em: julho de 2018.

Polícia Rodoviária Federal - PRF. Acidentes de 2007 até 2018 em Rodovias Federais. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes>>. Acesso em: julho de 2018.

Wikipédia. BR-101. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/BR-101>>. Acesso em: julho de 2018