

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**A INFLUÊNCIA DOS USOS IRREGULARES E DAS
CARACTERÍSTICAS DA FAIXA DE DOMÍNIO NA
SEGURANÇA VIÁRIA DE RODOVIAS FEDERAIS
BRASILEIRAS**

MAIARA OLIVEIRA BATISTA

ORIENTADOR: MICHELLE ANDRADE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

**PUBLICAÇÃO: T.DM-009/2019
BRASÍLIA/DF: JUNHO/2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**A INFLUÊNCIA DOS USOS IRREGULARES E DAS
CARACTERÍSTICAS DA FAIXA DE DOMÍNIO NA SEGURANÇA
VIÁRIA DE RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS**

MAIARA OLIVEIRA BATISTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TRANSPORTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE/DOCTOR EM TRANSPORTES.

APROVADA POR:

**MICHELLE ANDRANDE, Dra., (UnB)
(ORIENTADORA)**

**PASTOR WILLY GONZALES TACO, Dr., (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ANA PAULA CAMARGO LAROCCA, Dra., (EESC-USP)
(EXAMINADORA EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 28 de JUNHO de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

BATISTA, MAIARA OLIVEIRA

A influência dos usos irregulares e das características da Faixa de Domínio na Segurança Viária de Rodovias Federais Brasileiras. Brasília, 2019.

xiii, 86 p., 210x297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2019).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1 – Segurança Viária

3 – Segurança em Faixa de Domínio

I – ENC/FT/UnB

2 – Ocupação de Faixa de Domínio

4 – Ocupação irregular

II – Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BATISTA, O. M. (2019). A influência dos usos irregulares e das características da Faixa de Domínio na Segurança Viária de Rodovias Federais Brasileiras. Publicação T.DM-009/2019. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 83p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Maiara Oliveira Batista

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: A influência dos usos irregulares e das características da Faixa de Domínio na Segurança Viária de Rodovias Federais Brasileiras.

GRAU: Mestre

ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Maiara Oliveira Batista
maiaraobatista@gmail.com

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais por sempre me apoiarem para seguir em frente e ao Bruno pelo
companheirismo constante ao longo de mais esse desafio.*

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento só poderia ser para minha família: minha mãe Roseli, meu pai Ademir, meu irmão Gabriel, meu marido Bruno, minha cunhada Karine e meu sobrinho/afilhado Matheus. Sei que é clichê, mas sem eles não teria chegado até aqui. Serei imensamente grata por cada momento em que pensei em desistir e eles me apoiaram para continuar.

Agradeço à ANTT por incentivar minha dedicação a esse mestrado. Em especial meus chefes Luciano e Valdeyson pela compreensão da importância da minha dedicação ao mestrado e a pesquisa. Sou grata também aos meus colegas da GEENG pelas constantes trocas de conhecimento e experiências, fundamentais para o andamento desta dissertação.

Aos eternos colegas do DNIT agradeço pelos enormes aprendizados na área de desapropriação e faixa de domínio, responsáveis pelo meu interesse, o qual resultou esta pesquisa.

À minha orientadora Michelle, por toda orientação, a possibilidade de construção de uma pesquisa compartilhada, o conhecimento repassado e, sobretudo por acreditar em mim.

À UnB, por ter me recebido de portas abertas e ser como as outras instituições das quais venho, CEFET-MG e UEMG, uma Universidade que promove pesquisa e discussões de maneira a fomentar o conhecimento acadêmico de forma livre e ao mesmo tempo crítica.

Ao PPGT e seu corpo de docentes e à Camila, por todo o suporte durante esse tempo em que lá estive.

Aos amigos que o PPGT me trouxe: Elayne, Carlos Eduardo, Lorena, Helen e Guadiana, os quais tornaram a caminhada menos árdua e mais leve.

Por fim, todos meus amigos dos grupos: Bruxonas, Xurupitas e Liga da Justiça. Em especial, às minhas queridas: Mariah, Bárbara, Raissa e Maíra e meus primos Arthur e Hélder, que nos momentos de desespero sempre me escutaram e apoiaram, demonstrando como sempre uma amizade incondicional.

RESUMO

Devido às grandes perdas para a sociedade por causa dos acidentes de trânsito, vários estudos foram elaborados buscando explicar os fatores que afetam a probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito. Esses fatores são categorizados como: fatores viário-ambientais, fatores humanos e fatores veiculares. Esta pesquisa explora um dos fatores viário-ambientais, as ocupações do solo nas áreas abrangidas pela faixa de domínio das rodovias concedidas, bem como características da via relacionadas à definição da largura deste elemento rodoviário. Nesse contexto, destaca-se que o objetivo deste estudo é analisar o impacto das características e dos usos irregulares da faixa de domínio de uma rodovia federal sob o aspecto da segurança viária. Para tanto, foi realizada uma modelagem com dados de ocupações de faixas de domínio, dados acidentes e operacionais de um trecho da BR-101/SC sob concessão da Autopista Litoral Sul, referentes ao ano de 2018. Os Modelos Lineares Generalizados foram ajustados com modelos Binomiais Negativos e de Poisson para verificar se as variáveis relacionadas à faixa de domínio e as ocupações da área limdeira, influenciaram na acidentalidade. Os resultados obtidos indicaram que as variáveis de uso do solo do tipo comercial e residencial contribuíram para explicação dos acidentes, assim como a variável velocidade regulamentada e número de acessos. Além disso, o modelo Binomial Negativo demonstrou possuir melhor ajuste.

ABSTRACT

Due to the great losses to society due to traffic accidents, several studies were elaborated to explain the factors that affect the probability of traffic accidents occurring. These factors are categorized as: road-environmental factors, human factors and vehicular factors. This research explores how land occupations in the areas covered by the right of way of the granted highways as well as characteristics of the road related to the definition of the width of this road element. In this context, it is highlighted that the objective of this study is to analyze the impact of the characteristics and irregular uses of the domain range of a federal highway in the aspect of road safety. To do so, a descriptive analysis of the data related to the occupations of right of way existing in the year of 2018, of the accidents in the same year and of the characteristics referring to BR-101 / SC, stretch under concession of the Autopista Litoral Sul. applying Generalized Linear Models techniques, Negative and Poisson Binomial models were fitted to verify if the variables related to the right of way and the occupations contributed or not in the explanation of the accidentality. Thus, the variables of commercial and residential soil use contribute to explanation in the adjusted models, as well as the variable regulated speed and number of accesses. In addition, the Negative Binomial model was shown to have a better fit.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	3
1.2	HIPÓTESE	4
1.3	OBJETIVOS	6
1.3.1	OBJETIVO GERAL	6
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4	JUSTIFICATIVA	6
1.5	MÉTODO DA PESQUISA	6
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	9
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	11
2.1	FAIXA DE DOMÍNIO	11
2.1.1	BRASIL	11
2.1.2	ESTADOS UNIDOS, PERU, CHILE	15
2.2	A INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO EM ÁREAS LINDEIRAS ÀS RODOVIAS NA SEGURANÇA VIÁRIA	22
2.3	MODELOS DE PREVISÃO DE ACIDENTES	28
2.4	TÓPICOS CONCLUSIVOS	38
3	ETAPAS METODOLÓGICAS	40
3.1	MATERIAIS	40
3.2	TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS	47
3.2.2	Modelo Binomial Negativo	50
3.2.3	Modelo Poisson-lognormal	51
4	RESULTADOS E ANÁLISE	52
4.1	OBJETO DO ESTUDO	52
4.1.1	Descrição das bases de dados	53
4.2	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS	63
5	CONCLUSÕES	70
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	71
	Tendo em vista as conclusões e as limitações aqui apresentada propõe as seguir recomendações para trabalhos	72
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
	APÊNDICE A – ESTUDO DE ÁREAS OCUPADAS DO LEILÃO BR- 101/290/448/386/RS	78
	APÊNDICE B – GRÁFICOS DE OCUPAÇÕES versus ACIDENTES versus VELOCIDADE	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Parâmetros de projetos de rodovias	12
Tabela 2-2: Faixa de domínio em casos especiais de melhoramentos de estradas.....	14
Tabela 2-3: Largura da Faixa de Domínio conforme classificação da via.....	21
Tabela 4-1: Estatística descritiva dos segmentos estudados	55
Tabela 4-2: Parâmetros do Modelo 1	64
Tabela 4-3: Parâmetros das variáveis do Modelo 1	65
Tabela 4-4: Parâmetros do Modelo 2	66
Tabela 4-5: Parâmetros das variáveis do Modelo 2	66
Tabela 4-6: Parâmetros do Modelo 3	67
Tabela 4-7: Parâmetros das variáveis do Modelo 3	67
Tabela 4-8: Parâmetros das variáveis do Modelo 3	68
Tabela 4-9: Correlação de Pearson das Variáveis	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: A faixa de domínio como um fator viário ambiental da segurança viária	2
Figura 1-2: Demonstração esquemática da faixa de domínio	3
Figura 1-3: Método da Dissertação	9
Figura 1-4: Estrutura da dissertação	10
Figura 2-1: Linha do Tempo dos normativos brasileiros relacionados à FD.....	12
Figura 2-2: Parâmetros para o projeto de melhorias de estradas existentes	15
Figura 2-3: Classificação das vias segundo o grau de acesso e mobilidade	20
Figura 2-4: Uso do solo nas áreas adjacentes à interseções pela severidade	24
Figura 2-5: Influência do uso do solo em relação ao tipo de acidente.....	25
Figura 2-6: Influência do uso do solo em relação a porcentagem de acidentes.....	26
Figura 3-1: Programa de Concessão de Rodovias Federais em etapas	41
Figura 3-2: Organograma da SUINF	43
Figura 3-3: Esquema do processo de delimitação do trecho rodoviário	44
Figura 4-1: Trecho sob concessão da Autopista Litoral Sul	53
Figura 4-2: Classificação do tipo de acidente	57
Figura 4-3: Gráfico da Quantidade de Acessos x Quantidade Média de Ocupações	58
Figura 4-4: Distribuição da tipologia do uso do solo nas áreas ocupadas	59
Figura 4-5: Exemplo de ocupações irregulares do tipo residencial	59
Figura 4-6: Exemplo de ocupações irregulares do tipo comercial.....	60
Figura 4-7: Exemplo de ocupações irregulares do tipo industrial	60
Figura 4-8: Exemplo de ocupações irregulares do tipo público	61
Figura 4-9: Exemplo de ocupações irregulares do tipo outros	61
Figura 4-10: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes no intervalo de VMDA de 45.000 a 54.999	62
Figura 4-8: Histograma de distribuição de frequências dos dados de acidentes.....	63
Figura A-1: Imagem área das ocupações do leilão da Concessão da BR-101/290/448/386/RS	78
Figura A-2: Diagrama linear das ocupações do leilão da Concessão da BR-101/290/448/386/RS.....	79
Figura A-3: Descrição das ocupações do leilão da Concessão da BR-101/290/448/386/RS .	80
Figura B-1: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 15.000 a 24.999.....	80
Figura B-2: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 15.000 a 24.999.....	80
Figura B-3: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 25.000 a 34.999.....	80
Figura B-4: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 25.000 a 34.999.....	80
Figura B-5: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 35.000 a 44.999.....	80
Figura B-6: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 35.000 a 44.999.....	80
Figura B-7: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 45.000 a 54.999.....	80

<u>Figura B-8:</u> Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 45.000 a 54.999.....	80
<u>Figura B-9:</u> Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 55.000 a 64.999.....	80
<u>Figura B-10:</u> Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 55.000 a 64.999.....	80
<u>Figura B-11:</u> Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 65.000 a 74.999.....	80
<u>Figura B-12:</u> Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 65.000 a 74.999.....	80

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
AIC	Critério de Informação de Akaike
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BIC	Critério Bayesiano de Schwarz
CNT	Confederação Nacional de Transporte
COFAD	Coordenação de Faixa de Domínio
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DENATRAN	Departamento Nacional De Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DP	Desvio Padrão
FD	Faixa de Domínio
GEENG	Gerência de Engenharia e Meio Ambiente de Rodovias
GLM	<i>Generalized Linear Models</i>
IPR	Instituto de Pesquisa Rodoviária
MI	Milhas
NACM	Número de acidentes com mortes
NACV	Número de acidentes com vítimas
OMS	Organização Mundial da Saúde
PER	Programa de Exploração da Rodovia
PFE	Procuradoria Federal Especializada
PRF	Procuradoria Federal Especializada
RETOFF	Relatório Técnico-Operacional Físico-Financeiro
SAS	<i>Statistical Analysis Software</i>
SIOR	Sistema Integrado de Operações Rodoviárias
SUINF	Superintendência de Infraestrutura rodoviária
VMDA	Volume Médio Diário Anual
UL	Unidade Local do DNIT
USB	Unidade Espacial Básica

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1: Principais estudos sobre a influência do uso do solo na segurança viária	33
Quadro 1-1: Principais estudos sobre a influência do uso do solo na segurança viária.....	34

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS (2015), os acidentes de trânsito correspondem a uma das principais causas de morte em todo o mundo, atingindo de maneira mais expressiva os jovens de 15 a 29 anos. Estima-se que 1,25 milhões de pessoas morrem no trânsito todos os anos, sendo que, somente em 2013, o Brasil registrou 42.291 mortes (OMS, 2015). A última avaliação anual do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS (2015) explicitou que, naquele ano, os acidentes de transporte terrestre resultaram em 37.306 mortes. Se restringirmos a análise às rodovias federais brasileiras, os dados da Polícia Rodoviária Federal – PRF apontam que no ano de 2017 ocorreu um total de 89.396 acidentes, dos quais 58.716 referem-se a acidentes com vítimas e, desse montante, 6.243 correspondem a acidentes com vítimas fatais (CNT, 2018a).

No Brasil estima-se que o custo de acidentes para o Estado gira em torno de R\$ 10 bilhões ao ano (CNT, 2018a). Se por um lado esses números geram perdas e prejuízos significativos para as economias nacionais, por outro, não se pode deixar de considerar o valor imaterial e imensurável de milhares de vidas perdidas nas estradas do país. Por isso, conhecer os fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes tem sido objeto de pesquisa há muitas décadas (Da Costa *et al.*, 2016).

Ponderando a respeito desses fatores, desde Haddon (1968), os pesquisadores consideram três grupos de fatores que, juntos, podem influenciar a segurança viária: o fator humano, o fator veículo e o fator viário-ambiental. O primeiro remete ao comportamento dos indivíduos, enquanto o segundo diz respeito às características dos veículos e, por fim, o fator viário-ambiental engloba as características da infraestrutura viária e as condições ambientais. Dentre esses conjuntos de fatores, o Austroads (1994) evidencia os fatores humanos como os que mais contribuem para os acidentes, seguido pelos fatores viário-ambientais. Nesse espectro, é imprescindível conhecer os elementos que compõe esses grupos de fatores, e propor soluções para tentar mitigá-los e reduzir as taxas de accidentalidade.

Parte-se da premissa de que os acidentes de trânsito não decorrem de apenas um grupo de fatores, mas sim de uma conjunção deles ou associação entre eles. Em outras palavras, a relação entre fatores humanos, fatores veiculares e fatores viários ambientais é que propicia grande parte dos acidentes. Neste contexto, segundo o IPEA (2008), dentre as causas multifatoriais que

influenciam a ocorrência de acidentes de trânsito no Brasil pode-se citar: o crescimento desordenado urbano das áreas no entorno de rodovias e travessias urbanas; elementos da engenharia de tráfego inadequados, incluindo aspectos da geometria viária; atitudes imprudentes por parte dos condutores e pedestres; frota de veículos obsoleta ou com defeitos; e condições meteorológicas desfavoráveis. No tocante ao entorno das rodovias, salienta-se que devido ao crescimento urbano desordenado brasileiro, houve uma intensa e desorganizada ocupação das margens das rodovias surgindo, por exemplo, novos bairros com densas concentrações demográficas (VELLOSO e JACQUES, 2012).

Quanto ao grupo de fatores viário-ambientais que influenciam diretamente na segurança, englobam-se características geométricas da via e suas adjacências, além dos efeitos relacionados às condições climáticas (NODARI, 2003). Logo, as características geométricas, de superfície, de sinalização, operacionais e de uso da área lindeira das vias são aspectos que podem ser alterados visando a redução da acidentalidade. Nesse ínterim, vale destacar que a fase de projeto possui grande relevância para a definição de parâmetros e elementos da rodovia que influenciam na sua operação e, conseqüentemente, na segurança viária.

Nessa fase é elaborado o projeto geométrico das rodovias, no qual são definidos, dentre diversos elementos, as dimensões das faixas de domínio. Esse elemento da via tem como um de seus principais objetivos propiciar a segurança dos usuários. Dessa forma, Marafon e Varejão (2009) asseguram que a segurança da rodovia está diretamente relacionada às definições da sua faixa de domínio, independente da classe dessa rodovia. O presente trabalho objetiva explorar com maior propriedade o elemento de projeto denominado “faixa de domínio rodoviária” sob aspecto da segurança viária (Figura 1-1).

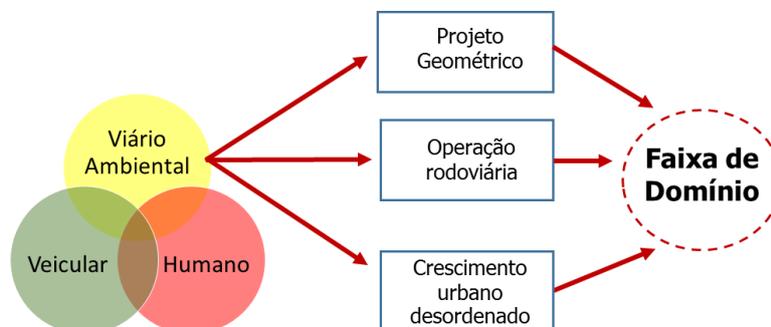


Figura 1-1: A faixa de domínio como um fator viário ambiental da segurança viária

De acordo com o Glossário de Termos Técnicos Rodoviários, entende-se por faixa de domínio:

“a base física sobre a qual assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo” (BRASIL, 2017).

Conforme o artigo 50 Código de Trânsito Brasileiro - CTB: “O uso de faixas laterais de domínio e das áreas adjacentes às estradas e rodovias obedecerá às condições de segurança do trânsito estabelecidas pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre a via.” (BRASIL, 1997), conforme demonstrado na Figura 1-2. Desse modo, a fiscalização é responsável por manter e gerir as faixas de domínio das rodovias federais brasileiras, garantindo, assim, a segurança de operação da via.



Figura 1-2: Demonstração esquemática da faixa de domínio
Fonte: DAER/RS (2019).

Contudo, considerando a extensa malha rodoviária federal pavimentada, a qual totaliza 65.529,6 quilômetros (CNT, 2018b), a gestão das faixas de domínio se mostra onerosa para o Poder Público. Com efeito, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, principal órgão executor da política federal de infraestrutura de transportes, enfrenta problemas para exercer a fiscalização das faixas de domínio das rodovias que se encontram sob sua jurisdição, resultando em ocupações e uso irregular dessas áreas. Não por acaso, em 2009 o

Diretor Geral do DNIT emitiu a Instrução de Serviço DG/0001/2009, demonstrando a preocupação da autarquia com as ocupações irregulares e turbações da faixa de domínio, fato recorrente e generalizado ao longo das rodovias federais que representa violação da Lei e concretiza riscos ao patrimônio público e ao trânsito e tráfego interestaduais (DNIT, 2009).

Outrossim, no caso das rodovias federais concedidas, tal responsabilidade é transferida para as concessionárias, as quais, além de promover as desocupações que já existiam quando da assinatura dos respectivos contratos, devem fiscalizar a faixa de domínio, zelando pela sua integridade. Dessa maneira, o uso e ocupação irregular da faixa de domínio é um problema instalado nas diversas rodovias federais do país, concedidas ou sob administração do poder público.

O fato é que a ocupação dessas áreas sem qualquer estudo prévio configura riscos, tanto para os ocupantes, quanto para os usuários da via, uma vez que geralmente não respeitam a distância de segurança da pista de rolamento estabelecida em projeto, conforme as normas técnicas vigentes. Na prática, o que se percebe é o crescimento de ocupações irregulares nas áreas lindeiras às rodovias federais brasileiras, principalmente nas regiões urbanas, em decorrência da baixa capacidade de fiscalização do Estado.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Em 2009, o Procurador Geral-Chefe da Procuradoria Federal Especializada – PFE do DNIT afirmou em seu parecer: *“as questões envolvendo as ocupações irregulares da faixa de domínio das rodovias federais é fato recorrente e muito antigo na Administração Rodoviária”* (AGU, 2009). Em diversos pareceres técnicos, a PFE do DNIT evidencia problemas para liberação de áreas da faixa de domínio na execução de obras de melhoria, ampliação e duplicação (AGU, 2007; AGU, 2009; AGU, 2012). Diante dessa situação, o DNIT vem evoluindo seus normativos para desocupar as faixas de domínio através de programas de remoção e reassentamento, porém apenas nos trechos em que houver obras (DNIT, 2018b; DNIT, 2019).

A ocupação irregular das faixas de domínio das rodovias federais é um fato recorrente em todo território nacional. Em certa medida, tal fato decorre das características inerentes ao modo de transporte rodoviário, o qual representa fator indutor de desenvolvimento e condiciona o processo de uso e ocupação do solo em seu entorno. Aliado a isso, a fiscalização deficitária

impossibilita que o DNIT exerça seu poder de polícia de maneira eficaz. Dessa maneira, as ocupações muitas vezes se consolidam como núcleos urbanos informais.

No caso das rodovias federais concedidas, os estudos de estruturação para subsidiar os leilões discriminam, ainda que de maneira superficial, um cadastro das ocupações da faixa de domínio. Esse cadastro permite às proponentes realizar uma avaliação de risco daquele trecho e elaborar uma estimativa de custos para desocupação, já que essa ação geralmente é atribuída à vencedora da outorga por meio de contrato.

A título de exemplo, no último leilão promovido pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, correspondente à Rodovia de Integração Sul – RIS, composta por trechos das BR-101/290/448/386/RS, o estudo anexo ao edital indicava áreas ocupadas que foram levantadas por meio de imagens aéreas (ver apêndice A). Por se tratar de um leilão que ocorreu ainda no ano de 2019, o exemplo citado denota o quanto é atual a problemática em torno das desocupações de faixas de domínio. O contrato referente a essa concessão estabeleceu que a concessionária deveria apresentar um plano de desocupação da faixa de domínio no prazo máximo de seis meses e, que a desocupação em si, conforme o Programa de Exploração da Rodovia – PER, deveria ocorrer em até 180 meses. No contrato consta, também, que a concessionária tem por obrigação manter integridade da faixa de domínio durante todo o período de concessão (ANTT, 2019).

Como mencionado no exemplo, os contratos de concessão estabelecem um prazo limite para desocupação das faixas de domínio. Contudo, é comum que as concessionárias aleguem dificuldades para concretizar essa desocupação. Dentre os motivos declarados, citam desapropriações que não foram realizadas ou concluídas na época da implantação da rodovia, de modo que os ocupantes possuem documento de titularidade do imóvel, mesmo que ele esteja situado dentro da faixa de domínio declarada no termo de arrolamento de bens anexo ao contrato concessão. Sendo assim, de maneira similar ao DNIT, as concessionárias enfrentam inúmeras dificuldades para realizar a desocupação das faixas de domínio das rodovias que se encontram sob sua administração.

Como consequência da ocupação irregular das faixas de domínio (FD) das rodovias brasileiras, estima-se o comprometimento da integridade deste elemento viário e o prejuízo de uma das principais funções para a qual ele foi concebido, qual seja a promoção da segurança viária. No

entanto, a influência dessas ocupações na ocorrência de acidentes ainda não foi adequadamente investigada. Portanto, este estudo propõe realizar uma análise da relação das características da FD e de seu uso irregular com a segurança viária, com vistas a responder à seguinte questão: Qual é a influência do uso e ocupação irregular da faixa de domínio na segurança viária de rodovias federais brasileiras?

1.2 HIPÓTESE

A área ocupada, o número de ocupações irregulares da faixa de domínio e sua tipologia influencia negativamente e em diferentes graus a segurança viária.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto das características e do uso e ocupação irregulares da faixa de domínio de uma rodovia federal sob o aspecto da segurança viária.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) identificar as leis e normas relativas à faixa de domínio das rodovias e os fundamentos técnicos para definição de suas características;
- b) identificar as variáveis a serem utilizadas na modelagem para avaliar a influência da ocupação da faixa de domínio na segurança;
- c) obter um modelo que demonstre se há influência das variáveis definidas em “b” na variável dependente de segurança viária;
- d) estabelecer a correlação entre as variáveis de ocupações irregulares de faixa de domínio e as demais variáveis independentes.

1.4 JUSTIFICATIVA

Atualmente, os projetos de rodovias federais são desenvolvidos com base no Manual de Projetos Geométrico de Rodovias Rurais – IPR 706 (BRASIL, 1999) e no Manual de Projetos Geométricos de Travessias Urbanas (BRASIL, 2010a). A faixa de domínio é definida pelo

projetista conforme a classe e o relevo em que a rodovia se enquadra. Ocorre que esses normativos foram elaborados com base, principalmente, nas diretrizes de projeto norte americano (então ASSHTO) e, desde sua publicação em 1999, o principal manual brasileiro (IPR 706) não foi atualizado. Contudo, ressalta-se que o referido Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais explicita apenas a largura da faixa de domínio para melhorias em estradas já existentes. Para novas estradas o normativo a ser consultado é a publicação de 19 de janeiro de 1949, reeditada em 1973: “Normas para o Projeto de Estradas de Rodagem”. De uma maneira geral, nossos normativos sobre o assunto estão defasados em pelos 10 anos.

Além disso, cabe citar o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias que tem como um de seus objetivos: *“ênfatizar a necessidade de se incorporar os padrões e práticas atuais de segurança em todos os projetos, com a maior abrangência possível”* (BRASIL, 2010b). Portanto, esse normativo estabelece medidas para promoção de segurança visando garantir o conforto e segurança do usuário nas fases de planejamento, projeto e operação (BRASIL, 2010b). Deste modo, a análise mais abrangente dos projetos rodoviários proposta pelo referido Manual revela uma preocupação em certificar que, mesmo nos casos em que ocorra saídas de pista, existam elementos para garantir a segurança dos usuários e mitigar os riscos relacionados com o ambiente viário (SOUZA, 2012). Sob esse aspecto, a desobstrução da faixa de domínio é de extrema importância diante da possibilidade de acidentes do tipo saída de pista. Ademais, é possível citar também Manual para Ordenamento do Uso do Solo nas Faixas de Domínio e Lindeira das Rodovias Federais do DNIT que menciona impacto negativo do processo de favelização, ou ocupação desordenada das faixas de domínio ou lindeiras, que ocorre na implantação e/ou operação rodoviária (BRASIL, 2005).

Logo, se faz importante a análise da faixa de domínio envolvendo aspectos relacionados a suas características e usos com foco na verificação em relação à sua influência na segurança viária. Ademais, como atualmente a manutenção dessas faixas de domínio é um problema enfrentado pelos órgãos da administração pública, este trabalho visa contribuir para verificação das condições de segurança viária em relação às ocupações irregulares existentes nas faixas de domínio. Portanto, o estudo proposto trará uma contribuição à área de segurança viária e em relação às especificidades do cenário brasileiro.

1.5 MÉTODO DA PESQUISA

O método empregado para o desenvolvimento desta dissertação se caracteriza como uma pesquisa de natureza aplicada e quantitativa que abrange seis etapas. A primeira etapa consiste em uma revisão da literatura e documentos técnicos e científicos que tratam dos temas: faixa de domínio e suas normas e, a influência do uso do solo nas áreas lindeiras às rodovias na segurança viária e modelos de previsão de acidentes associados ao tema. Deste modo, a primeira etapa da pesquisa está diretamente associada ao primeiro objetivo específico. Concomitantemente, define-se o trecho rodoviário que será utilizado no estudo de caso.

Em seguida, é realizado, para cada segmento do trecho escolhido, o levantamento de dados dos acidentes e dos demais elementos identificados na revisão da literatura. Por meio dos dados levantados, é produzida uma análise descritiva com objetivo de definir as variáveis que serão utilizadas no modelo, conforme o segundo objetivo específico.

Por fim, o modelo de previsão de acidentes é calibrado com objetivo de encontrar uma relação entre as variáveis que definem as características da faixa de domínio, incluindo sua ocupação irregular, e a ocorrência de acidentes com vítimas feridas e acidentes com vítimas fatais (3º e 4º objetivos específicos). Dessa maneira, as etapas metodológicas podem ser sintetizadas conforme disposto na Figura 1-3.

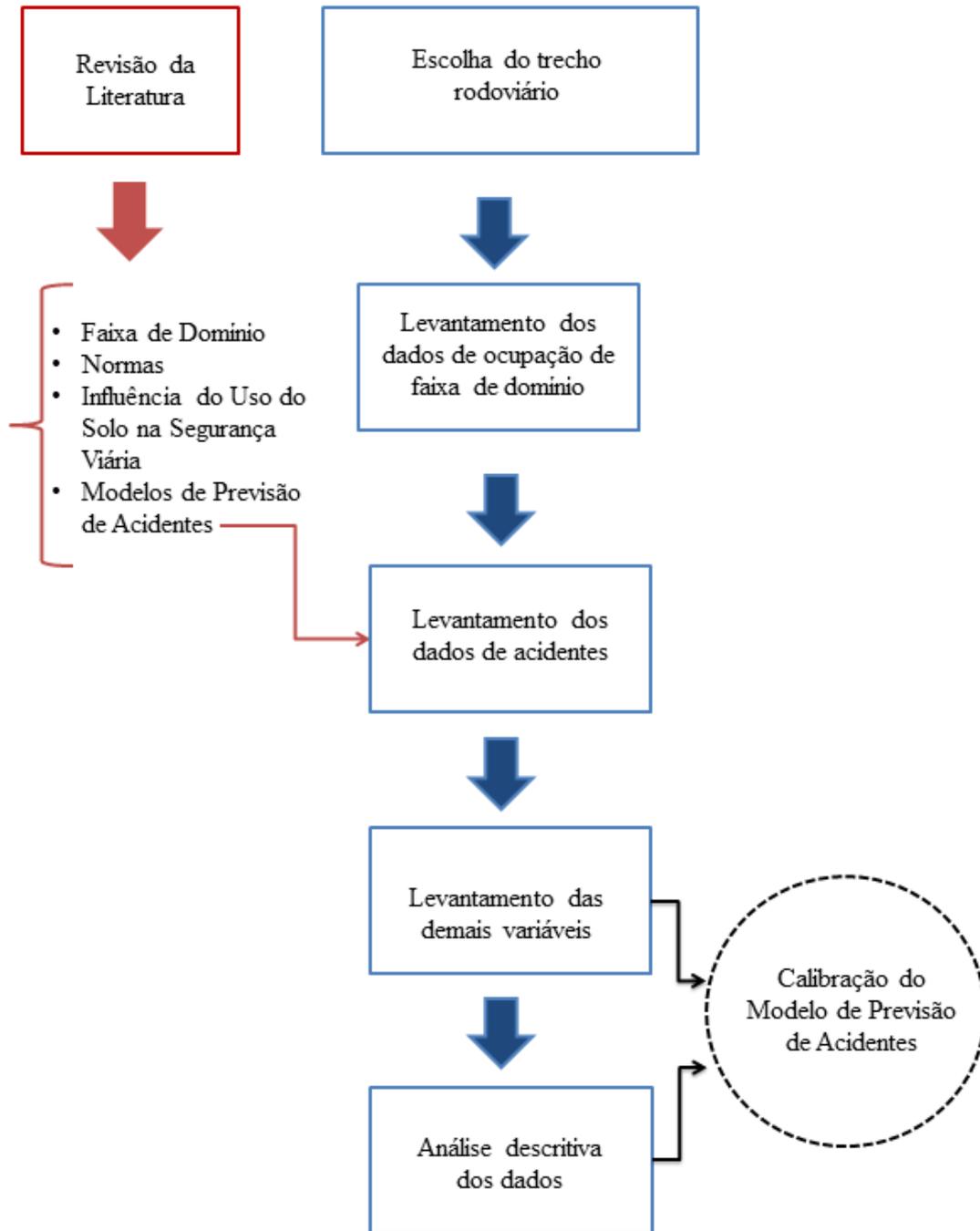


Figura 1-3: Método da Dissertação

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esse documento de dissertação está organizado em cinco capítulos (Figura 1-4). Após esse primeiro capítulo introdutório, foi desenvolvido um referencial teórico sobre faixa de domínio, ocupações irregulares e modelos de previsão de acidentes. O terceiro capítulo diz respeito às etapas metodológicas deste trabalho. O quarto capítulo trata da análise dos resultados obtidos

por meio da aplicação do método especificado no capítulo anterior. Por último, têm-se no quinto capítulo a apresentação das conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

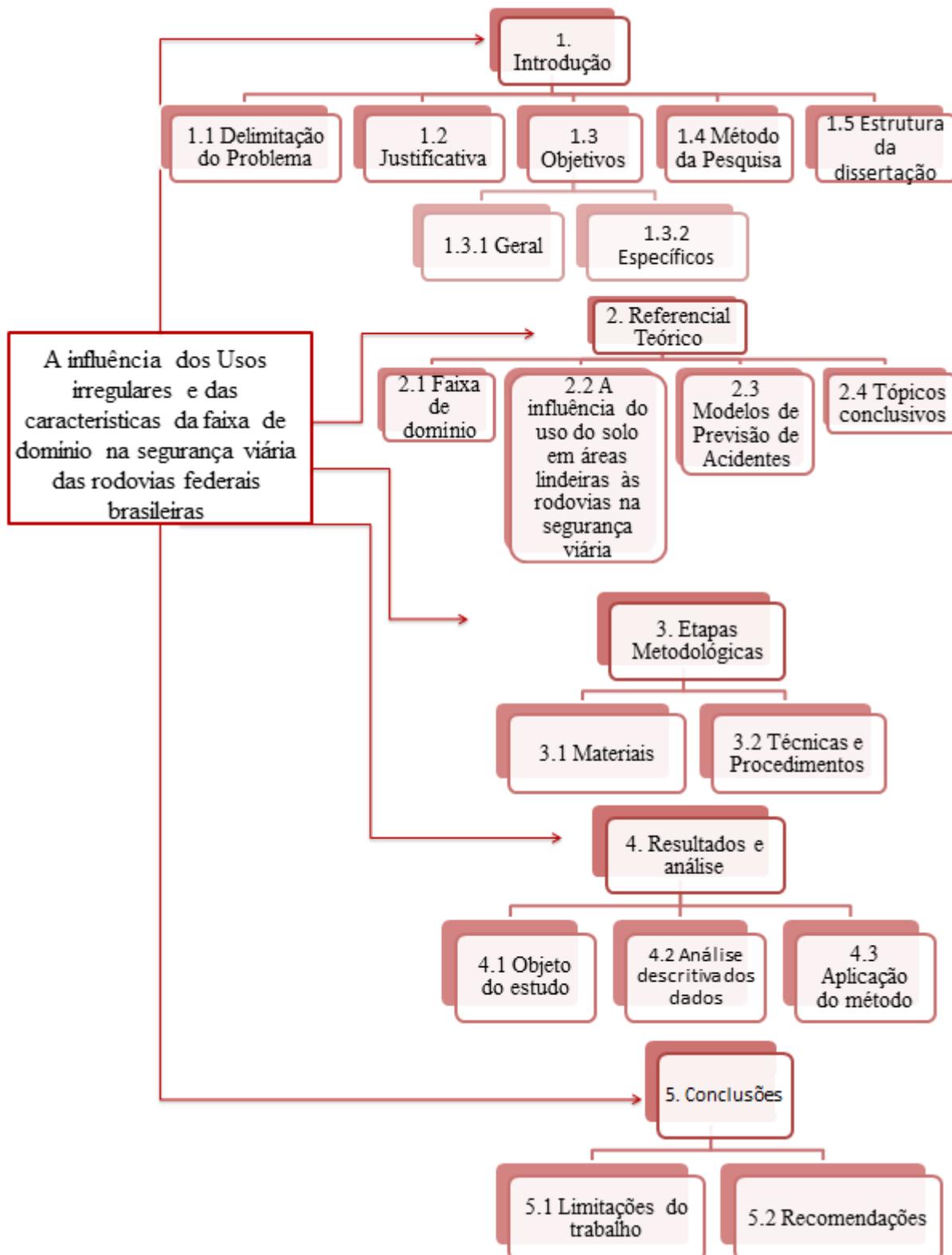


Figura 1-4: Estrutura da dissertação

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Primeiramente, para melhor compreensão dos fatores que influenciam a definição da largura da faixa de domínio, é realizada uma revisão da literatura com foco nos normativos técnicos dos Estados Unidos, Peru, Chile e Brasil. A escolha dos países levou em consideração os normativos disponíveis para consulta. Na segunda parte deste capítulo, é apresentada uma revisão da literatura para explicar sobre a relação do uso do solo e a segurança viária. Por fim, a terceira parte aborda uma revisão dos métodos utilizados para o desenvolvimento de modelos de previsão de acidentes envolvendo a influência do uso do solo nas áreas lindeiras às vias.

2.1 FAIXA DE DOMÍNIO

É notório que as características geométricas e operacionais das rodovias possuem impacto significativo na ocorrência dos acidentes rodoviários no Brasil. Neste diapasão, destaca-se que as faixas de domínio definidas através da compatibilização do projeto geométrico e de drenagem de uma rodovia exercem papel fundamental na operação da via e na segurança do tráfego. Para tanto, faz-se necessário conhecer os normativos técnicos que definem esse elemento viário. Nas seções a seguir será detalhada a análise de cada normativo que trata do assunto, abordando inicialmente os normativos brasileiros e posteriormente de outros países.

2.1.1 BRASIL

Identificou-se que, no Brasil, o termo faixa de domínio é abordado em sete normativos ao longo dos anos, conforme linha do tempo da Figura 2-1. Desta forma, esta seção abordará esses normativos referenciando as principais contribuições trazidas por cada um.

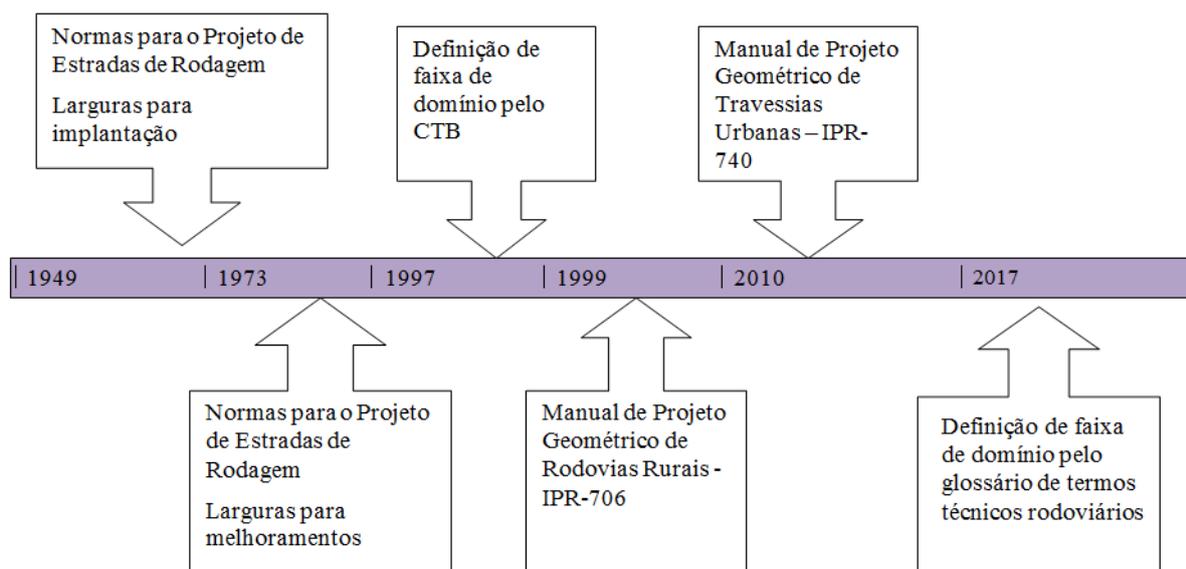


Figura 2-1: Linha do Tempo dos normativos brasileiros relacionados à FD

O primeiro documento que estabelece critérios para a definição da largura das faixas de domínio no Brasil é a publicação de 19 de janeiro de 1949, reeditada em 1973, denominada “Normas para o Projeto de Estradas de Rodagem”. Essa referência técnica, ainda vigente, dispõe que nas zonas rurais a largura mínima da faixa de domínio será 10m, a partir das cristas dos cortes ou dos pés dos aterros e não pode ser inferior ao estabelecido na Tabela 2-1 (BRASIL, 1973).

Tabela 2-1: Parâmetros de projetos de rodovias

Classes	Largura Total da Faixa de Domínio		
	Relevo Plano (m)	Relevo Ondulado (m)	Relevo Montanhoso (m)
I	60	70	80
II	30	40	50
III	30	40	50

Fonte: Adaptado, BRASIL (1973).

Além disso, para as rodovias que possuírem as características que a enquadrem na Classe Especial de rodovias, a faixa de domínio será definida caso a caso, não podendo, contudo, ter largura inferior àquelas determinadas para a Classe I (BRASIL, 1973). Outra especificidade diz respeito às rodovias de duas pistas independentes e contíguas, em que se aplica a largura mínima da faixa de domínio (10m) a partir das cristas dos cortes ou dos pés dos aterros, conforme estabelecido inicialmente, devendo-se respeitar também os mínimos de largura total da faixa de domínio da Tabela 2-1 (BRASIL, 1973).

Nota-se que os critérios para a definição da FD são baseados na classe em que a rodovia se enquadra e na classificação do relevo. Neste sentido, é importante ressaltar que a determinação da classe da rodovia considera a função que a mesma exerce e o volume de tráfego (BRASIL, 1999).

Além das especificações de largura mínima, o artigo 25 do Manual de 1973 dispõe sobre a importância de se prever arborização tanto quanto possível na faixa de domínio (BRASIL, 1973). A função desta arborização, além da prevenção de erosões, é servir como elemento paisagístico da região e como sinalização viva, para tanto deve ser composta por espécies vegetais adequadas para esses fins (BRASIL, 1973). Outro tema abordado é a previsão de um corredor bloqueado de 20m de largura para os casos em que ocorra, frequentemente, o trânsito de boiadas ou tropas e, que não seja possível desviá-las para caminhos e estradas secundárias (BRASIL, 1973).

O mesmo normativo prevê, especificamente para os trechos urbanos ou com grande potencial de urbanização em futuro próximo, que sempre que possível economicamente, a FD deverá ter largura suficiente para construção de duas vias marginais para atender ao tráfego local, sendo uma de cada lado e fisicamente separadas da pista de rolamento principal (BRASIL, 1973). Também devem ser incorporadas às faixas de domínio, as áreas para construção das obras necessárias à eliminação das interferências de tráfego nos cruzamentos e entroncamentos com outras estradas (BRASIL, 1973). Além disso, o normativo estabelece uma excepcionalidade nas situações de elevado custo dos terrenos ou imóveis a desapropriar, abrangidos pela faixa de domínio projetada em projetos de melhoramentos de rodovia, podendo a largura ser reduzida até os mínimos previstos na Tabela 2-2, desde que justificada a redução de cada caso (BRASIL, 1973). Nesses casos, ainda deve-se tomar medidas especiais de segurança do tráfego e garantia de estabilidade de taludes e, concomitante aos melhoramentos da estrada, deverão ser projetados novos traçados que desvie uma parcela substancial do tráfego da rodovia melhorada (BRASIL, 1973).

Tabela 2-2: Largura da faixa de domínio em casos especiais de melhoramentos de estradas

Número de faixas de tráfego	Largura da FD em Zonas urbanas ou proximamente urbanas (m)	Largura da FD em Zonas rurais (m)
2	20	30
4	40	60

Fonte: Adaptado, BRASIL (1973).

Sob outro prisma, a Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, traz a seguinte denominação para faixa de domínio: “*superfície lindeira às vias rurais, delimitada por lei específica e sob responsabilidade do órgão ou entidade de trânsito competente com circunscrição sobre a via*” (BRASIL, 1997). Em que pese o referido diploma legal indicar que a faixa de domínio é delimitada por lei específica, não existe, no ordenamento jurídico brasileiro, lei que estabeleça tais dimensões. Com efeito, esse elemento viário continua a ser definido nos projetos de engenharia, conforme os normativos técnicos vigentes.

Outro normativo adotado para a elaboração dos projetos e, conseqüentemente, para definição das faixas de domínio é o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais- IPR-706 (BRASIL, 1999). Nesse normativo, o conceito de faixa de domínio é definido como:

“área compreendendo a rodovia e suas instalações correlatadas e faixas adjacentes legalmente delimitadas, de propriedade ou sob domínio ou de posse do órgão rodoviário e sobre a qual se estende sua jurisdição. Deve ser prevista com largura suficiente para conter as instalações necessárias aos serviços de controle da operação da rodovia e permitir sua conservação, proteção e futura expansão.” (BRASIL, 1999).

Sendo assim, o referido normativo prevê em sua página 174 os parâmetros para melhoria de estradas existentes, conforme Figura 2-2.

Características	Região	Classe da Rodovia			
		M-0	M-I	M-II	M-III/IV
1. Velocidade diretriz – (km/h)	Plana	100	100	80	60
	Ondulada	80	80	60	40
	Montanhosa	60	60	40	30
2. Raio horizontal mínimo – (m)	Plana	430	340	200	110
	Ondulada	280	200	110	50
	Montanhosa	160	110	50	30
3. Greide máximo – (%)	Plana	3	3	3	4
	Ondulada	4	4,5	5	6
	Montanhosa	5	6	7	8
4. Distância de visibilidade de parada – (m)	Plana	150	150	100	75
	Ondulada	100	100	75	50
	Montanhosa	75	75	50	--
5. Distância de visibilidade de ultrapassagem – (m)	Plana	650	650	500	350
	Ondulada	500	500	350	175
	Montanhosa	350	350	175	--
6. Largura do pavimento – (m)	Plana	7,50	7,00	7,00	7,00
	Ondulada	7,50	7,00	a	a
	Montanhosa	7,50	7,00	6,00	6,00
7. Largura do acostamento – (m)	Plana	3,00	2,50	2,00	1,50
	Ondulada	2,50	2,00	1,50	1,20
	Montanhosa	2,00	1,50	1,20	1,00
	Muito	1,50	1,00	1,00	0,80
	Montanhosa				
8. Faixa de domínio – (m)	Plana	--	60	30	30
	Ondulada	--	70	40	30
	Montanhosa	--	80	50	50

Figura 2-2: Parâmetros para o projeto de melhorias de estradas existentes
Fonte: BRASIL (1999).

Cabe salientar que esse normativo foi elaborado com base, principalmente, nas diretrizes de projeto norte americano (então ASSHTO) e, desde sua publicação em 1999 o principal manual brasileiro (IPR 706) não foi atualizado.

O manual técnico de projeto rodoviário mais recente que faz menção aos parâmetros para definição da largura da faixa de domínio é o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas – IPR-740 (BRASIL, 2010a). Esse manual evidencia, ao considerar o contexto de rodovias urbanas, que o custo de implantação e disponibilidade da faixa de domínio são fatores relevantes para este tipo de projeto. Dessa maneira, ao considerar intervenções em áreas urbanas, a disponibilidade de espaço e o custo para implantação da faixa de domínio são aspectos importantes na definição das soluções de engenharia.

O IPR-740 estabelece que a largura da faixa de domínio deve ser a soma dos vários elementos da seção transversal (pistas de rolamento, canteiro central, faixas auxiliares, acostamentos, vias

marginais, acomodações das saias de aterro e cristas de corte e muro de arrimo, se for o caso). Contudo, essa largura necessária também é consequência das necessidades de tráfego da via, relevo, do tipo de uso do solo, custo de aquisição dos terrenos, dos projetos de interseções e extensão do projeto definitivo. Por outro lado, em áreas com muitas construções no entorno, as dimensões dessa largura podem ser reduzidas, desde que o projetista atenda, da melhor maneira possível, a necessidade de serviço dentro das limitações estabelecida pela faixa de domínio e, analise também, cada oportunidade de adequação às necessidades futuras da via (BRASIL, 2010a). Apesar das importantes ponderações a respeito da determinação da largura da faixa de domínio em contextos urbanos, o normativo em referência não especifica e mensura os critérios para delimitação dessas larguras, sendo que as dimensões podem ser flexibilizadas caso a caso pelo projetista.

Outro normativo técnico que suscita a definição do termo faixa de domínio é o Glossário de Termos Rodoviários do DNIT, que conceitua o termo como:

“base física sobre a qual assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo” (BRASIL, 2017).

Além do arcabouço técnico trazido até aqui, existe também um aspecto jurídico a ser considerado sobre esta temática. De acordo com artigo 99 do Código Civil, existem no Brasil três tipos de bens públicos: bens públicos de uso comum, bens público de uso especial e bens públicos dominicais. Os bens públicos de uso comum são de utilização da população, usados livremente e sem necessidade de autorização do poder público como, por exemplo, praças e rua e avenidas. Os bens públicos de uso especial são destinados às funções públicas, com utilização restrita e não podem ser utilizados livremente pela comunidade como, por exemplo, os edifícios onde se instalam órgão públicos. Por fim, os bens públicos dominicais são patrimônio de pessoas jurídicas de direito público, como objeto de direito pessoal, ou real, de cada uma dessas entidades, utilizados para fins econômicos, como é o caso de imóveis públicos desocupados, sem destinação pública específica (BRASIL, 2002).

Considerando esses conceitos, as faixas de domínio constituem bens imóveis que se enquadram na categoria de bem de uso comum do povo, estando afetados à finalidade pública de transporte

e, portanto, possuem as seguintes características jurídicas: inalienabilidade, impenhorabilidade e imprescritibilidade. A inalienabilidade quer dizer que não podem ser alienados pelo administrador público, ou seja, precisam ser previamente desafetados da finalidade pública à qual foram vinculados para que possam ser alienados. Para sua alienação, no entanto, devem ser atendidas as exigências da Lei nº 8.666/93, a qual, por meio do seu art. 17, dispõe de várias regras específicas a esse respeito, exigindo sempre que o interesse público seja justificado e que o bem seja previamente avaliado. Conforme o caso, poderá ser exigida licitação e autorização legislativa específica.

Outra regra intrínseca ao bem de uso comum do povo é impenhorabilidade, isto é, os bens não podem ser penhorados. As faixas de domínio também estão sujeitas à imprescritibilidade, que significa que são insuscetíveis de aquisição por meio de usucapião (prescrição aquisitiva do direito de propriedade). Por fim, cabe também citar a impossibilidade de oneração, ou seja, esse tipo de bem não pode ser deixado como garantia para o credor no caso de inadimplemento de obrigações (BRASIL, 1993).

Para fins desse estudo, de todas as especificidades jurídicas supracitadas em relação à faixa de domínio, atenta-se especificamente para a imprescritibilidade. Por se tratar de um bem da União de uso comum do povo, a faixa de domínio não está sujeita a processos de usucapião. Esse aspecto legal possui extrema relevância para o presente trabalho, uma vez que as ocupações ali caracterizadas são irregulares tanto do ponto de vista técnico, quanto legal.

Outro ponto importante a ser abordado é a definição de estrada de rodagem no normativo IPR 706: *“Estrada que tendo a sua plataforma devidamente preparada e pavimentada, destina-se à circulação de veículos automotores. Sin: rodovia.”* (BRASIL, 1999). Como se pode verificar, o conceito remete à preparação e pavimentação da via, não delimitando se está em área rural ou urbana. Contudo, o CTB (BRASIL, 1997), define em seu Anexo I, rodovia como: *“via rural pavimentada”*, portanto, restringindo apenas as vias rurais. Corroborando com esse conceito, o art. 60 do CTB dispõe:

“As vias abertas à circulação, de acordo com sua utilização, classificam-se em:

I - vias urbanas:

a) via de trânsito rápido;

b) via arterial;

c) via coletora;

d) via local;

II - vias rurais:

a) rodovias;

b) estradas.”

Portanto, considerando a definição do CTB (BRASIL, 1997) para rodovias, os projetos de rodovias que envolvam contextos urbanos não necessariamente deveriam pautar-se no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. Logo, a delimitação da faixa de domínio não seguiria esses parâmetros estabelecidos neste Manual. Poderia utilizar-se do Manual de Normas para Projeto das Estradas de Rodagem (BRASIL, 1973), contudo a faixa de domínio para casos urbanos é flexibilizada no referido normativo.

Sobre esse assunto, destaca-se que as rodovias brasileiras são classificadas como "rodovias rurais", conforme os normativos do DNIT, devido suas características: tráfego intenso de veículos pesados, grande largura, falta de estrutura para pedestres (calçadas, cruzamentos de zebra ou cruzamentos de semáforos) e, elevados limites de velocidade. Não obstante a essa classificação como “rurais”, suas características comumente são típicas de vias urbanas, como um elevado número de pontos de acesso e um grande número de pedestres que caminham em áreas urbanizadas da rodovia e que podem atravessam pela pista a qualquer momento (VELLOSO e JACQUES, 2012).

Diante do exposto, as faixas de domínio, via de regra, devem estar desobstruídas de construções. No entanto, excepcionalmente, existem alguns tipos de instalações ou obras cuja execução é permitida dentro das faixas de domínio, desde que aprovada pelo órgão competente, conforme as premissas do Manual de Procedimentos para a Permissão Especial de Uso das Faixas de Domínio de Rodovias Federais e outros bens públicos sob jurisdição do DNIT. Dentre essas instalações pode-se citar: tubulações diversas (petróleo, gás, etc); linhas de transmissão (telefonia, fibra ótica, energia, dentre outras); *outdoor* e publicidade; acessos (particular, comercial e público); postos de vigilância, fiscalização, abrigo de passageiros e pontos de paradas e ônibus (BRASIL, 2008). No entanto, conforme o próprio manual trata, são casos especiais que divergem das ocupações irregulares abordadas neste trabalho, as quais se caracterizam predominantemente como edificações de uso comercial, industrial e residencial que foram erigidas sem qualquer consulta ao órgão público com jurisdição sobre a rodovia.

Salienta-se que no caso das rodovias federais sob administração do DNIT, o próprio Departamento recomenda consultar diretamente a Superintendência e/ou Unidade Local com jurisdição sobre o respectivo trecho rodoviário, para informar-se a respeito da largura da faixa de domínio (DNIT, 2018a). No caso das concessões essa consulta deve ser dirigida à concessionária.

2.1.2 ESTADOS UNIDOS, PERU, CHILE

Nos Estados Unidos, de acordo com *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 2001), o estabelecimento da largura da faixa de domínio deve abranger a pista construída, a drenagem e a manutenção adequadas de uma rodovia, sendo uma parte muito importante do projeto de engenharia. Uma largura apropriada e ampla permite a construção de declives suaves, resultando em maior segurança para o motorista e proporcionando uma manutenção mais fácil e econômica (AASHTO, 2001).

Segundo o normativo norte-americano, a especificação da largura da faixa de domínio ocorre primeiramente a partir da definição do tipo da via. As duas principais considerações na classificação funcional de redes de rodovias e ruas são o acesso e a mobilidade. Ou seja, as diferenças e gradações nos vários tipos funcionais é consequência do conflito entre promover a mobilidade e fornecer acesso a um padrão disperso de origens e destinos de viagem. A limitação regulada do acesso é necessária nas vias arteriais para melhorar sua função primária de mobilidade (AASHTO, 2001).

Por outro lado, a principal função das estradas e ruas locais é fornecer acesso (cuja implementação causa uma limitação da mobilidade). A extensão e o grau de controle de acesso são, portanto, um fator significativo na definição da categoria funcional de uma rua ou rodovia. Aliada à ideia de categorização do tráfego está o papel duplo que a rede rodoviária desempenha no fornecimento (1) de acesso à propriedade e (2) mobilidade de viagem (Figura 2-3). O acesso é uma necessidade comum para todas as áreas atendidas pelo sistema rodoviário. A mobilidade, do mesmo modo que o acesso, é fornecida em níveis variados de serviço (AASHTO, 2001). Sendo assim, o grau de acesso e o nível de mobilidade determinam a classificação da rodovia, o que se reflete na definição da faixa de domínio.

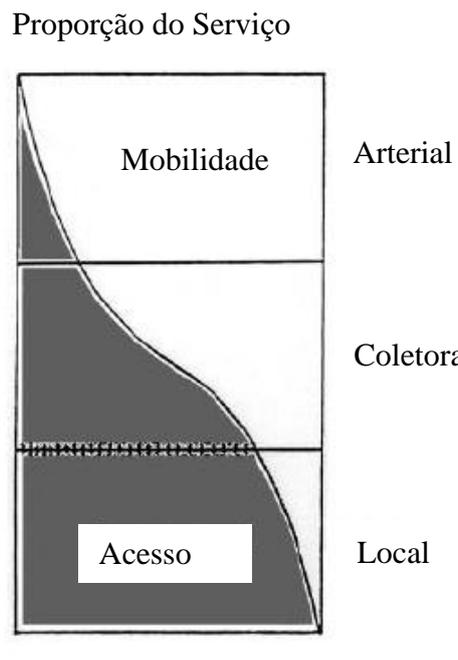


Figura 2-3: Classificação das vias segundo o grau de acesso e mobilidade
Fonte: Adaptado de AASTHO (2001).

Conforme ASSTHO (2001), as áreas urbanas são subdivididas em áreas urbanizadas (mais de 50.000 habitantes) e pequenas áreas urbanas (população entre 5.000 e 50.000). Para fins de projeto, a previsão da população é essencial (ASSTHO, 2001). Isto por que, a largura da faixa de domínio para o desenvolvimento completo de uma via é influenciada pelas demandas de tráfego e uso do solo, além do relevo, custo de desapropriação, projetos de interseção e possibilidade de expansão, devendo conter as medidas necessárias para vários elementos transversais: pista principal, canteiros, pistas auxiliares, bordas, “clear zone”, instalações de drenagem e, quando necessário muro de arrimo (ASSTHO, 2001).

Assim como no normativo norte americano, o *Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”* (PERU, 2013) do Peru, define a largura das faixas de domínio conforme a classificação das vias. Para classificação das rodovias são utilizados os seguintes parâmetros: Volume Médio Diário Anual (VMDA), número de faixas, largura das pistas, controle de acessos de veículos, travessias ou passagens de nível e/ou passarelas, pavimentação da rodovia e as condições de relevo (são explicados 4 tipos de relevo distintos). Nesse contexto, a faixa de domínio abrange as obras complementares, serviços, áreas para trabalhos futuros de expansão ou melhoria e zona de segurança (PERU, 2013).

Considerando todos esses elementos para classificação das rodovias, a tabela de largura mínima do normativo peruano para faixa de domínio varia de 16 a 40m. Além disso, o manual admite aumentar em 5,00 m a largura da faixa de domínio, nos seguintes casos: a partir da borda superior das encostas de corte mais distantes; do pé dos aterros mais altos; a partir da borda mais distante das obras de drenagem (PERU, 2013).

Para os trechos rodoviários que cruzam áreas urbanas, a autoridade competente fixa as dimensões da faixa de domínio, de acordo com a largura exigida pela seção transversal do projeto, tendo que realizar a limpeza física para atender as larguras mínimas estabelecidas. Excepcionalmente, podem ser fixadas larguras mínimas menores, dependendo das construções e instalações permanentes e adjacentes à estrada (PERU, 2013). Ou seja, o normativo técnico peruano também flexibiliza a largura da FD nas áreas urbanas, assim como os normativos brasileiros.

De maneira similar aos demais normativos, o *Manual de Carreteras do Chile* (CHILE, 2012), dispõe que a faixa de domínio depende da categoria estrada e, as distâncias são estipuladas de modo a assegurar o funcionamento adequado da via durante toda sua vida útil. O diferencial desse normativo é que ele estabelece limites que as faixas de domínio podem variar dentro de cada categoria de rodovia (Tabela 2-3):

Tabela 2-3: Largura da Faixa de Domínio conforme classificação da via

Categoria	Largura de expropriação (m)
Autopista	80-100
Rodovias Primárias	40-80
Vias Coletoras	30-60
Vias Locais	20-40
Vias Urbanas	15-30

Fonte: adaptado de Chile (2012).

Em suma, todos os normativos estudados consideram a classificação da rodovia como um elemento primordial para a delimitação das larguras da faixa de domínio. No entanto, os elementos que levam a essa classificação podem ser diferentes entre os manuais. O Quadro 2-1 resume os principais elementos a serem considerados por cada manual.

Quadro 2-1: Elementos relevantes em relação ao normativo analisado

Elementos considerados para definição da extensão da faixa de domínio	Normativos dos Países			
	Brasil	EUA	Peru	Chile
Tráfego	X	X	X	
Relevo	X	X	X	
Acessibilidade x Mobilidade	X	X	X	X
Delimitação de área urbana		X		
Largura e quantidade de faixas			X	
Pavimentação			X	

Apesar do Manual chileno diferenciar de maneira mais específica os tipos de áreas que são ligadas pela via e isso possuir uma forte correlação com o tráfego, como não aparece explicitamente no normativo o elemento “tráfego” ou “VMDA” não foi considerado esse elemento na Tabela 2-2.

2.2 A INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO EM ÁREAS LINDEIRAS ÀS RODOVIAS NA SEGURANÇA VIÁRIA

Mundialmente, devido às grandes perdas para a sociedade causadas pelos acidentes com veículos motorizados, vários estudos foram desenvolvidos buscando explicar os fatores que afetam a probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito (LORD e MANNERING, 2010). Os interesses envolvendo as pesquisas com abordagem da segurança viária abrangem: ponto de vista jurídico, aspectos técnicos de veículos e infraestrutura, além dos psicológicos, comportamentais e socioeconômicos dos usuários do sistema rodoviário (FLAHAUT, 2004). Sob essa perspectiva, o papel do ambiente construído na explicação dos acidentes vem sendo continuamente estudado (FLAHAUT, 2004; MIRANDA-MORENO *et al.*, 2011; UKKUSURI *et al.*, 2012).

Para Raitz (1998) é necessário reconhecer que existe relação entre o uso das margens das rodovias e as características topográficas, sociais e políticas que sustentam sua construção e utilização. Compreender a evolução das relações políticas e sociais entre a margem da rodovia e a rodovia propriamente dita, requer um exame das mutualidades mais amplas entre o corredor da rodovia, o campo através do qual passam os viajantes e os moradores que ocupam as margens daquela rodovia. Neste contexto, o mesmo autor discorre sobre a história das estradas norte americanas, explicitando que as margens dessas rodovias eram ocupadas de modo desordenado, por residências e comércios da população local, até que houve a proposição de um zoneamento do solo rigoroso estabelecendo a propriedade pública da fachada da rodovia que aboliria as

ocupações irregulares ali consolidadas. No Brasil, esse tipo de ocupação às margens da rodovia ainda persiste, principalmente nas proximidades aos centros urbanos onde as atividades cotidianas da população são desenvolvidas. Deste modo, a relação entre o ambiente construído nas áreas adjacentes à rodovia e a segurança viária devem ser estudadas.

Na presente pesquisa busca-se entender de que maneira o uso do solo dentro dos limites da faixa de domínio afeta a acidentalidade. Contudo, ao restringir a pesquisa apenas ao ambiente construído dentro da FD especificamente, não foram encontrados artigos científicos que abordasse essa relação com a acidentalidade. Deste modo, a revisão da literatura foi desenvolvida com artigos científicos que pesquisaram a relação de fatores de uso do solo e a segurança viária de uma maneira geral. Esta seção trará essa revisão da literatura, ressaltando pontos em relacionados à influência do uso do solo nos acidentes rodoviários que embasarão esta dissertação.

Ivan *et al.* (2000) pesquisaram o uso do solo como um dos fatores contribuintes para ocorrência de acidentes, envolvendo um ou mais veículos. Para tanto, esse fator foi categorizado da seguinte forma: residência privada, prédio de apartamentos com mais de quatro unidades, posto de gasolina, varejo, industrial, escritório e outros (incluindo igrejas, acampamentos e outros locais recreativos), medidos por meio do número de acessos. Outras variáveis utilizadas consistiam em: VMDA, exposição da luz (hora do dia), número de interseções, dentre outras. A principal discussão trazida por esse artigo foi que a taxa de colisão entre veículos aumenta quando há ocupação adjacente do solo, principalmente em áreas industriais e outras (igrejas e acampamentos), devido ao movimento lento de veículos que entram e saem da estrada nesse tipo de categoria (IVAN *et al.*, 2000).

Enquanto o estudo de Ivan *et al.* (2000) foi desenvolvido em rodovias rurais de duas faixas, Burchett e Maze (2006) realizaram um estudo em interseções de vias expressas rurais, com objetivo de comparar as características desses dispositivos com o desempenho da segurança viária. Embora o foco seja interseções de vias rurais, os autores descrevem a maioria das interseções da via expressa rural como instalações de duas vias, com controle de paradas, geralmente separadas ou sinalizadas, localizadas perto de centros urbanos ou através de estradas principais. Entre as características utilizadas para analisar o desempenho da segurança viária dessas interseções, três tipos de uso do solo das áreas adjacentes à interseção foram examinados: residencial, agrícola e comercial. Para coletar a informação de uso do solo foram utilizadas

fotografias da intersecção e a porcentagem da cobertura para cada uso do solo por milha da intersecção foi determinada (BURCHETT e MAZE, 2006). A Figura 2-4 mostra a distribuição do uso do solo nas intersecções considerando a severidade dos trechos.

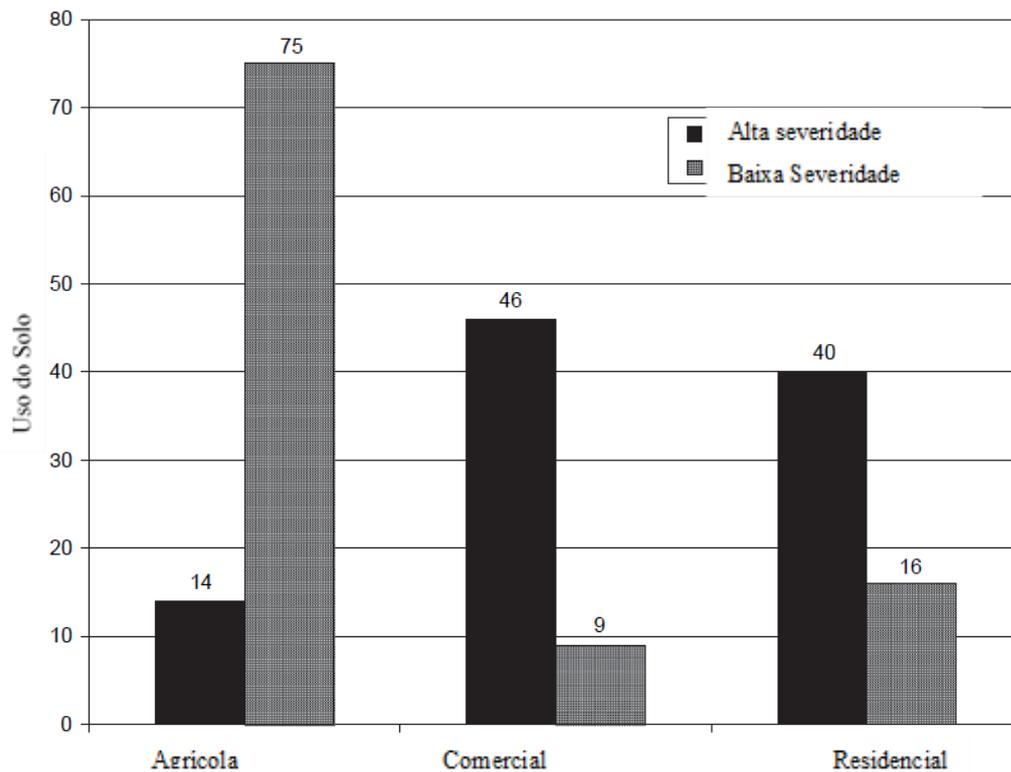


Figura 2-4: Uso do solo nas áreas adjacentes às intersecções pela severidade
Fonte: Adaptado Burchett e Maze (2006).

Portanto, a maioria dos cruzamentos de baixa severidade era limitada por terras agrícolas, enquanto os locais de alta densidade eram cercados por usos residenciais ou comerciais. O estudo também evidenciou que terrenos residenciais têm maior taxa de mortalidade, comparados às terras agrícolas. Ademais, a taxa de mortalidade para intersecções de áreas lindeiras residenciais foram 25% e 50% maior que taxas de fatalidade para terras agrícolas e comerciais, respectivamente (Figura 2-5). Especula-se que os aumentos das taxas de acessos de veículos em regiões residenciais aumentam a taxa de colisão (BURCHETT e MAZE, 2006).

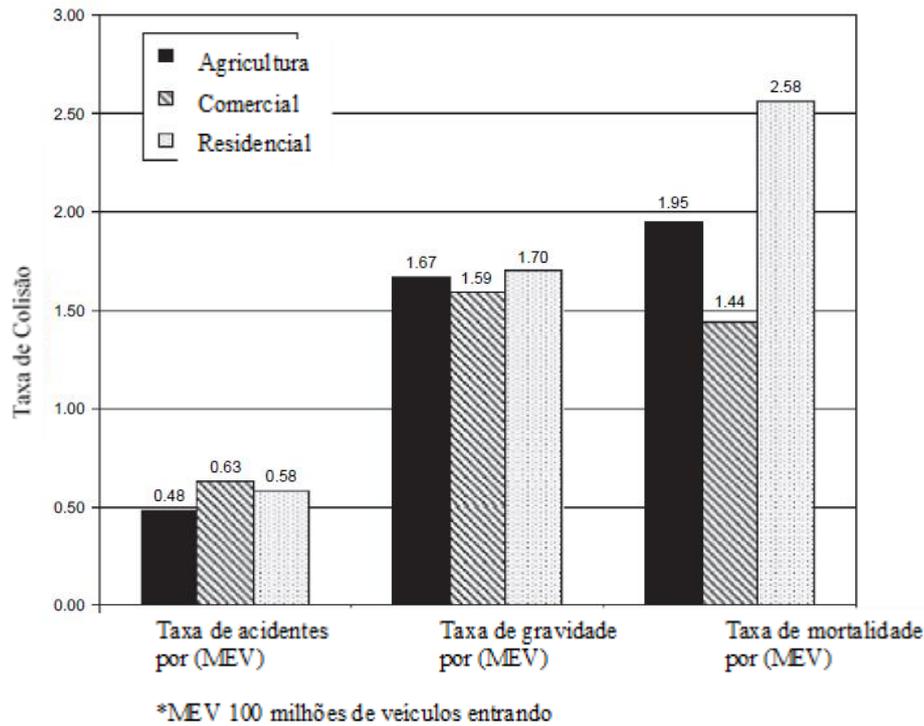


Figura 2-5: Influência do uso do solo em relação ao tipo de acidente
Fonte: Adaptado Burchett e Maze (2006).

Sob outra perspectiva, considerando que a pesquisa foi focada em acidentes rodoviários urbanos em Cartagena, Cantillo *et al.*, (2016) aplicaram técnicas de análise espacial e modelagem para estabelecer relações entre a segurança viária, envolvendo acidentes com vítimas fatais e feridas e variáveis da estrada, meio ambiente, tráfego e controladores de tráfego. Em um contexto urbano, como na cidade de Cartagena, as evidências empíricas demonstraram a relação entre a frequência de acidentes e variáveis como: densidade de tráfego, largura da estrada, densidade de interseções por segmento, direção do fluxo e uso do solo. Especificamente, ressaltou-se que as seções localizadas em zonas comerciais, que normalmente têm alta presença de pedestres, tendem a ter maior frequência de registros de acidentes com consequências graves (CANTILLO *et al.*, 2016).

Além do uso do solo, Avelar *et al.*, (2013) estudaram também, entre as variáveis que influenciam no desempenho da segurança viária, os acessos à rodovia. Os pesquisadores determinaram o uso do solo dos locais de estudo (residencial, comercial, etc.) usando uma combinação de fotografias aéreas, o registro de vídeo do estado de Oregon e fotografias disponíveis no recurso *Street View* no *Google Earth*. Quando o uso do solo não estava claro, a equipe de pesquisa usou o número de estacionamentos como diretriz. Os pesquisadores

assumiram como uso comercial do solo ao constatar que haviam cinco ou mais vagas de estacionamento, por exemplo. Salienta-se que o estudo considerou trechos rurais e urbanos, com características distintas e para aplicação do método foram desenvolvidas equações diferentes para cada caso. Em seu modelo urbano para uso do solo, maiores porcentagens de uso intensivo do solo são claramente associados a mais acidentes. O outro fator pesquisado, os acessos, demonstrou que a densidade e segurança da entrada de automóveis estão associados fracamente em situações em que a porcentagem de uso do solo é menor, mas esta associação torna-se mais forte quando a porcentagem de uso industrial e comercial da área é maior (AVELAR *et al.*, 2013). A Figura 2-6 representa essa tendência, em que o tamanho dos pontos circulares é proporcional à densidade de entrada de automóveis.

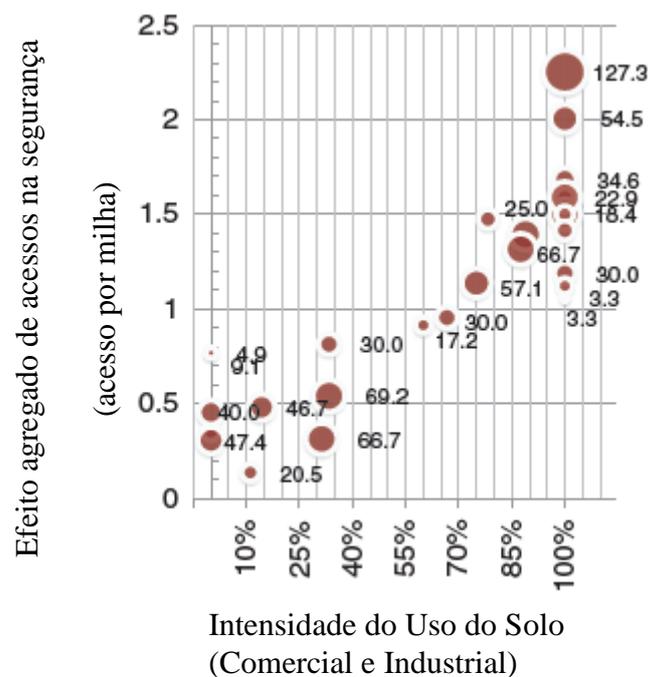


Figura 2-6: Influência do uso do solo em relação a porcentagem de acidentes
Fonte: Adaptado Avelar *et. al.*, (2013).

Similarmente, Gattis *et al.* (2005) também estabeleceram uma relação entre o número de acessos e o uso do solo. Em sua pesquisa Gattis *et al.* (2005) ressaltaram que houve um leve aumento, mas estatisticamente significativo, da taxa de acidentes à medida que a densidade de acesso aumentou na estrada. Isto demonstra que o aumento da densidade dos imóveis aumenta o número de acessos que interceptam a rodovia e, esse aumento ocasiona um acréscimo na taxa de acidentes (GATTIS *et al.*, 2005). O modelo indicou que ao aumentar o VMD a taxa de

acidentes também aumentou. No entanto, o coeficiente associado à VMD sugeriu que a relação entre VMD e taxa de acidentes não era tão forte quanto às outras variáveis (GATTIS *et al.*, 2005).

Corroborando com essas pesquisas relacionadas aos acessos à rodovia, Schultz *et al.* (2010) expuseram em suas análises estatísticas que as características relacionadas ao gerenciamento de acesso específico foram positivamente relacionadas com aumento da taxa de acidentes e taxa de severidade. Além disso, o uso do solo foi identificado para desempenhar um papel significativo na segurança das estradas arteriais, pois segmentos de estradas arteriais com uso de área comercial adjacente tendem a ter maiores taxas de acidentes e severidade. Portanto, esse artigo também, evidencia a influência do uso solo na segurança viária utilizando os acessos à rodovia como um elemento relevante para representar a ocupação do solo (SCHULTZ *et al.*, 2010).

Diferente das abordagens trazidas até aqui, em que foram utilizadas taxas de acidentes ou número de acidentes, Flahaut (2004) utilizou uma unidade espacial básica (USB) que inclui um determinado número de acidentes registrados em um período de tempo. Essas unidades espaciais servem também para identificar pontos negros, que são definidos como um conjunto de USB contíguas tomadas em conjunto e caracterizadas por número de acidentes agregados, semelhantes em termos de proximidade geográfica e em alto número. Nesse estudo a classificação do uso do solo foi realizada por meio de mapas digitais e, as análises exploratórias mostram que dentre as categorias, apenas o ambiente construído desempenha um papel significativo no risco do ponto negro. Portanto, essa variável foi redefinida como a proporção da área construída ao longo das estradas. A maior probabilidade de acessos próximos ao ponto negro pode ser entendida pelo fato de que estes são lugares cruciais, onde os motoristas precisam sair ou se juntar aos fluxos de carros da rodovia, bem como onde as diferenças de velocidade são frequentemente observadas (FLAHAUT, 2004).

Com foco nos pedestres, Miranda-Moreno *et al.* (2011) estudaram a influência do ambiente construído na atividade de pedestres e na ocorrência de acidentes na cidade de Montreal. Para tanto, foram aplicadas variáveis de uso do solo por meio de dados demográficos, trânsito e rede rodoviária, incluindo os tipos de uso e os tipos de acesso na rede rodoviária. Dentre os resultados, evidenciou-se que o incentivo à densificação, mistura de usos do solo e o aumento da oferta de transporte aumenta a atividade de pedestres e pode aumentar indiretamente o

número total de pedestres feridos, caso não existam estratégias suplementares de segurança (MIRANDA-MORENO *et al.* 2011).

Também relacionando os fatores do ambiente construído com atração de pedestres e a segurança viária, Ding *et al.* (2018) adotaram uma abordagem de aprendizado de máquina para investigar os efeitos do ambiente construído sobre a frequência de acidentes com pedestres envolvidos, incluindo características da rede rodoviária, elementos das ruas, padrões de uso do solo e tráfego. A densidade e o grau de uso do solo misto têm efeitos importantes na frequência de acidentes com pedestres, representando aproximadamente 66% dos efeitos, no total. Outro resultado importante suscitado nesta pesquisa é que, com a adoção de várias relações não-lineares, este estudo sugeriu que os órgãos adotem políticas geoespaciais diferenciadas para estabelecer um ambiente de caminhada seguro. Isto evidencia a importância de se considerar o ambiente construído na determinação dessas políticas públicas (DING *et al.*, 2018).

Em Portugal, Da Costa (2013) desenvolveu modelos de previsão de acidentes para interseções de três ramos e para segmentos, classificando os tipos de acidentes. Para os modelos de segmentos utilizaram-se as seguintes variáveis independentes: Tráfego (VMDA), a largura da via, a sinuosidade em e a densidade de pontos de acesso. Já para os modelos de interseções, foram testadas diversas variáveis, tais como: geometria, ocupação do ambiente envolvente da interseção, sistema de controle de tráfego e sinalização, dentre outras. Os coeficientes de ocupação e classificação de uma área como urbana, periurbana ou rural foram definidos com base nos Planos Diretores das Cidades. Dentre as variáveis que se mostraram significativas para o modelo de interseções, tem-se o ambiente envolvente da interseção. Já para modelo dos segmentos, o VMDA, a largura da via, a sinuosidade em perfil e a densidade de pontos de acesso se mostraram relevantes (DA COSTA, 2013).

2.3 MODELOS DE PREVISÃO DE ACIDENTES

Os artigos abordados na seção 2.2, aplicaram diferentes métodos. Ivan *et al.* (2000) por exemplo, aplicaram regressões não lineares de Poisson para estudar a colisão com um único veículo ou com mais veículos utilizando as variáveis: VMDA, luz (amanhecer, crepúsculo, anoitecer) e uso do solo (acessos às propriedades circundantes). Também utilizando um modelo de Poisson, mas agregando os modelos do tipo binominal negativo, Cantillo *et al.*, (2016) pesquisaram a respeito de duas classificações de acidentes: por tipo e por gravidade. Os

aspectos analisados dizem respeito à localização na rede viária da cidade, bem como o tipo e modelo dos veículos envolvidos. Além disso, algumas características geométricas da rodovia, condições da rodovia e fluxos de tráfego foram observados. Levantamentos topográficos foram realizados para definir a característica geométrica de cada estudo de caso, como larguras de estrada e raios de giro. A distribuição espacial de acidentes foi gerada a partir de um banco de dados para classificar a rede rodoviária em áreas com características semelhantes em termos de tráfego, uso do solo, ocupação do espaço público e geometria (CANTILLO *et al.*, 2016).

De modo similar, Gattis *et al.* (2005) utilizou taxas de acidentes arredondadas para número inteiros em modelos de Poisson e binomial negativo. O modelo de Poisson foi ajustado às taxas convertidas e contava com oito variáveis como preditoras. Contudo, as estatísticas de Pearson e deviance indicaram que o modelo de Poisson não descreveu adequadamente os dados, sendo necessário o ajuste de um modelo binomial negativo (GATTIS *et al.*, 2005). Além disso, os autores identificaram as áreas mais propensas a acidentes com a ajuda do método bayesiano empírico. Para tanto, foi necessária a determinação dos parâmetros por meio de máxima verossimilhança, sendo que análise estatística foi realizada por meio de teste t-student (GATTIS *et al.*, 2005).

Sobre a utilização de modelos do tipo binominal negativo, destaca-se que Burchett e Maze (2006) utilizaram o *software* LIMDEP versão 7.0 para estimar as funções de desempenho de segurança. Este programa possibilitou aos autores executar um modelo binomial negativo que permitiu a superdispersão no conjunto de dados. Essa modelagem determina estatisticamente a interação entre frequência de colisão de interseção e variáveis independentes, no caso, volumes de aproximação, usos do solo e características geométricas de interesse. (BURCHETT e MAZE, 2006).

Similarmente, para alcançar seus resultados Avelar *et al.* (2013) utilizaram como método funções de regressão binomial negativa. Para tanto, estabeleceram comprimentos dos segmentos individuais depois de examinar fotografias aéreas e de rua, de modo a garantir homogeneidade das características da estrada, identificadas na revisão de literatura. Eles descartaram segmentos menores que 0,1 mi (aproximadamente 160m) em áreas urbanas ou 0,25 mi (aproximadamente 400m) em áreas rurais. A primeira etapa de modelagem incluiu apenas a exposição de medidas como volume de tráfego e extensão do segmento. Depois do desenvolvimento desse modelo base, os efeitos da função da via e do solo foram incorporados.

Os autores realizaram este procedimento para ambos os ambientes, urbanos e rurais. As variáveis testadas foram: largura da estrada; número de faixas; tipo de canteiro central; limite de velocidade; ciclovias; densidade de acessos; estacionamento na rua; número de acessos em limites do segmento; comprimento do segmento; uso do solo; dentre outras (AVELAR *et al.*, 2013).

No caso do artigo de Miranda-Moreno *et al.* (2011) os modelos binomiais negativos foram testados juntamente com modelos de regressão log-linear. Neste sentido, para modelar a frequência de colisão entre pedestres e veículos, os modelos de regressão de dados de contagem foram usados, como um modelo binomial negativo padrão e suas extensões. Para tanto, assumiu-se que o número de acidentes de pedestres / veículos em determinado cruzamento, sobre um dado período de tempo, é distribuído por um modelo de Poisson. Ou seja, em vez de assumir um erro, um modelo Poisson foi obtido assumindo-se que o erro do modelo é lognormal. Tal modelo é denominado como o modelo binomial negativo generalizado. Neste modelo, considera-se a variável como uma função de um vetor de atributos de local, sendo esse vetor os parâmetros de uma regressão. Este pressuposto do modelo possibilitou uma melhoria nas estimativas dos parâmetros e de seus ajustes. O modelo binomial negativo generalizado foi aplicado com objetivo de uniformizar as heterogeneidades não observadas entre interseções como uma função de alguns atributos de interseção, como por exemplo, volume de tráfego. (MIRANDA-MORENO *et al.*, 2011).

Alternativamente, Flahaut (2004) utilizou regressões logísticas em um número de acidentes registrados para uma unidade espacial básica, durante um determinado período de tempo. As regressões logísticas foram usadas para avaliar o impacto das características das estradas e das características ambientais locais na concentração espacial dos acidentes rodoviários. Para tanto, a variável resposta adotada assume o valor 1 se uma unidade espacial básica pertencer a um ponto negro e 0 caso contrário. Por se tratar de uma variável categórica, são usadas regressões logísticas (FLAHAUT, 2004). Os autores optaram por esse modelo, pois consideraram que a análise de regressão linear não é de fato apropriada para um resultado discreto. A principal razão é que esse tipo de variável pode receber apenas valores discretos (0 ou 1 neste caso) enquanto a regressão linear permite uma variação entre $-\infty$ e $+\infty$. No entanto, como apenas as variáveis espaciais são consideradas, tem-se como resultado uma modelagem orientada

especialmente, fato que está relacionado à abordagem deste estudo da unidade espacial básica criada (FLAHAUT, 2004).

Em outro contexto, Schultz *et al.* (2010) optaram pela regressão linear *stepwise* como etapa preliminar seguida por uma análise de regressão linear múltipla. O modelo de regressão linear foi escolhido em detrimento de outras alternativas devido à simplicidade, acessibilidade e familiaridade do modelo para os engenheiros que utilizariam os resultados. A modelagem de regressão linear clássica fornece uma ferramenta poderosa, porém simples, para mostrar os efeitos marginais de diferentes variáveis independentes sobre a variável dependente, mantendo todas as outras variáveis constantes. A regressão linear *stepwise* foi realizada com a ferramenta de *software* SPSS 14.0 (SCHULTZ *et al.*, 2010).

Considerando as abordagens supracitadas é possível observar que os modelos de previsão de acidentes têm, dentre seus objetivos, a capacidade de explicar as correlações entre os acidentes e as principais características do ambiente rodoviário (FITZPATRICK *et al.*, 2008). Dentre os modelos utilizados, pode-se afirmar que essas pesquisas frequentemente vêm se baseando no uso de Poisson e modelos de regressão Binominal Negativa (LEE e MANNERING, 2002). No entanto, atualmente, alguns pesquisadores desenvolveram análise espacial de acidentes, a fim de estabelecer uma relação de ocorrência de acidentes e seus fatores (LORD e MIRANDA-MORENO, 2007; AGÜERO-VALVERDE e JOVANIS, 2008).

Neste contexto, Lord e Mannering (2010) apresentaram uma revisão de diferentes opções de métodos que podem ser aplicados para o desenvolvimento desses modelos, evidenciando os potenciais e limitações de cada abordagem conforme a base de dados disponível. Contudo, considerando os modelos disponíveis na literatura, é necessário adequá-los ao contexto viário e ao nível de abordagem em que devem ser utilizados. Ou seja, é importante que os modelos sejam úteis para os fins que justificam seu desenvolvimento (DA COSTA *et al.*, 2016).

Contudo, embora a literatura frequentemente se concentre na relação entre o ambiente construído e os atropelamentos, evidências limitadas são fornecidas sobre a importância relativa de muitos atributos do ambiente construído pela contabilização de seus efeitos de interação mútua e seus efeitos não lineares em acidentes com pedestres envolvidos (DING *et al.*, 2018). Sendo assim, estudos demonstraram que modelos de regressão linear convencional são, em

alguns casos, inadequados para modelar a frequência de acidentes de trânsito, uma vez que este tipo de método pode apresentar interferências equivocadas (CANTILLO *et al.*, 2016).

Cantillo *et al.* (2016) citaram o benefício do uso de sistemas GIS na análise de segurança para explorar diferentes tecnologias de visualização temporal e revelar padrões e fatores significativos relacionados a colisões de veículos, ou ainda, como sistema de gestão para análise de acidentes e determinação de pontos quentes. A referida literatura mostra que os acidentes podem estar relacionados às características infraestrutura, bem como a fatores socioeconômicos, propriedades como nível de renda, presença de crianças e taxas de criminalidade.

Similarmente, Ding *et al.* (2018) associaram métodos envolvendo sistema GIS para analisar os efeitos de vários fatores na frequência de colisões envolvendo pedestres. Esses fatores incluem características da rede rodoviária, elementos das ruas, padrões de uso do solo e demanda de tráfego. O autor empregou o sistema GIS juntamente com a abordagem das Árvores de Regressão de Poisson Aditiva Múltipla para preencher tais lacunas, usando dados de colisão de pedestres coletados em Seattle, Washington (DING *et al.* 2018). O modelo Regressão de Poisson Aditiva Múltipla pode manipular diferentes tipos de variáveis explicativas e identificar interações entre elas (SAHA *et al.*, 2015). Este método pode fornecer uma maneira alternativa de selecionar fatores influentes e identificar o efeito não linear de cada fator, o que é útil para desenhar recomendações de políticas públicas e iniciar programas de segurança (DING *et al.* 2018).

Da Costa (2013) modelou acidentes dos segmentos utilizando diferentes bases de dados para o ajuste dos modelos, diferenciando as bases de dados no espaço e no tempo. Esses ajustes de tempo foram realizados no intuito de reduzir a quantidade de segmentos com a ocorrência de zero acidentes. Para tanto, foi realizada uma análise preliminar para verificar se há razões para a ocorrência destes zeros e se seria necessário a aplicação de um modelo de regressão com zeros inflacionados, de Poisson ou binomial negativo. As equações de estimação generalizadas – EEG foram usadas para modelação dos dados longitudinais dos acidentes dos segmentos homogêneos e das interseções de três ramos. O ajuste dos modelos para os acidentes do período da tese (12 anos para os segmentos e de 3 anos para as interseções de ramos), onde não existem dados longitudinais, foi desenvolvido por modelos lineares generalizados – (*Generalized Linear Models* – GLM) (DA COSTA, 2013).

Os artigos resultantes da revisão da literatura dispostos nas seções 2.2 e 2.3 se mostraram relevantes para subsidiar a presente pesquisa. Dessa maneira, elaborou-se o Quadro 2-2 para sintetizar as ideias dos dez principais estudos abordados. Por meio desse Quadro, pode-se perceber que, em relação às variáveis e aos dados de acidentes, resta evidenciada uma diversidade nos levantamentos feitos.

Quadro 2-2: Principais estudos sobre a influência do uso do solo na segurança viária

ARTIGO	OBJETIVOS	MÉTODO	DADOS E VARIÁVEIS	RESULTADOS (EM RELAÇÃO AO USO DOS SOLO)
<p>Explaining two-lane highway crash rates using land use and hourly exposure</p> <p>(IVAN <i>et al.</i>, 2000)</p>	<p>Avaliar se o uso do solo circundante é significativo para prever as taxas de colisão de um único veículo ou com mais de um veículo.</p>	<p>Modelos Não-lineares de Regressão de Poisson.</p> <p>Todas as estatísticas-<i>t</i> relatadas neste artigo são ajustadas para superdispersão.</p>	<p>As colisões de veículo único e múltiplos veículos foram modeladas separadamente.</p> <p>Variáveis: exposição horária do tráfego; Condições da Luz do dia; Uso do solo determinado pelo número de entradas no segmento.</p>	<p>O total de acessos é significativo, mas este modelo não funciona perfeitamente, com o maior desvio residual. Os acessos são mais perigosos no uso industrial, comercial e, por último, residenciais. Estradas com acessos industriais terão caminhões em movimento lento entrando e saindo, aumentando as oportunidades de conflitos de veículos.</p>
<p>Rural Expressway Intersection Characteristics as Factors in Reducing Safety Performance</p> <p>(BURCHETT e MAZE, 2006)</p>	<p>Comparar e contrastar as características das intersecções da via expressa rural com o desempenho de segurança.</p>	<p>Modelo binomial negativo que permitisse a superdispersão no conjunto de dados.</p>	<p>Acidentes no período de 5 anos (1996-2000). Utilização de uma taxa de gravidade.</p> <p>Variáveis: a inclinação entre a via expressa e a interseção da estrada, a localização das curvas horizontais e curvas verticais (variável <i>dummy</i>) e o uso do solo adjacente à interseção.</p>	<p>Na análise descritiva: a maioria dos cruzamentos de baixa severidade era limitada por terras agrícolas, enquanto os locais de alta severidade eram cercados por usos residenciais ou comerciais.</p> <p>A maior parte dessa variação é explicada pelos menores volumes de tráfego, mas parte da variação pode ser atribuída à curvatura da via expressa na interseção, inclinação e uso do solo.</p>
<p>Relationship between Access Management and Other Physical Roadway Characteristics and Safety</p> <p>(SCHULTZ <i>et al.</i>, 2010)</p>	<p>Examinar as relações que existem entre as características físicas da via arterial incluindo características relacionadas ao gerenciamento de acesso e a segurança.</p>	<p>Regressão linear <i>stepwise</i> como etapa preliminar e Regressão linear múltipla.</p>	<p>Uso do solo em áreas adjacentes (tipo de uso), espaçamentos entre acessos, limite de velocidade, dentre outras.</p>	<p>Mostrou uma relação estatisticamente significativa para as taxas de colisão: o espaçamento de acesso, o uso do solo adjacente, o limite de velocidade.</p>

ARTIGO	OBJETIVOS	MÉTODO	DADOS E VARIÁVEIS	RESULTADOS (EM RELAÇÃO AO USO DOS SOLO)
<p>Factors influencing the occurrence of traffic accidents in urban roads: A combined GIS-Empirical Bayesian approach</p> <p>(CANTILLO <i>et al.</i>, 2016)</p>	<p>Estabelecer a relação entre os acidentes rodoviários urbanos e as variáveis rodoviárias, ambientais, de tráfego e de controladores de tráfego.</p>	<p>Método bayesiano empírico suportado por Sistemas de Informações Geográficas SIG.</p> <p>Modelos de regressão de Poisson e Negativo Binomial foram estimados para descrever a variação da frequência observada de acidentes.</p>	<p>Dados de acidentes do ano de 2007. Consideraram as duas classificações: acidentes por gravidade e tipo.</p> <p>Variável de Composição veicular.</p> <p>Uso do solo 1: Comercial, 0: caso contrário, número de interseções, largura da via, seção comprimento, direções de tráfego 1: circulação bidirecional, 0: caso contrário e VMD.</p>	<p>A análise espacial do acidente em GIS permitiu estabelecer a relação existente entre infraestrutura, uso da solo e acidentes.</p> <p>Segmentos inscritos em áreas de comerciais possuem maior frequência de acidentes.</p> <p>O modelo de Poisson e modelos binomiais negativos para a frequência de acidentes que resultam em lesões ou mortes permitem estabelecer relações causais entre a frequência dos acidentes e as variáveis explicativas.</p>
<p>The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections</p> <p>(MIRANDA-MORENO <i>et al.</i>, 2011)</p>	<p>Estudaram a influência do ambiente construído na atividade de pedestres e na ocorrência de acidentes.</p>	<p>Os modelos de regressão log-linear e binomial negativo.</p>	<p>Dados de acidentes de um período de cinco anos (de 1999 a 2003).</p> <p>Foram coletados dados do fluxo de pedestres e volumes de tráfego na cidade de Montreal para o ano de 2003.</p> <p>Uso do solo são extraídas do GIS.</p>	<p>Houve uma alta correlação entre o Uso do Solo e a atividade de pedestres e a frequência de colisão - por exemplo, a área comercial é altamente correlacionada com esses dois resultados. Isso torna difícil identificar e isolar com precisão o efeito dos atributos Uso do solo na frequência de colisão.</p>

ARTIGO	OBJETIVOS	MÉTODO	DADOS E VARIÁVEIS	RESULTADOS (EM RELAÇÃO AO USO DOS SOLO)
<p><i>Effects of Rural Highway Median Treatments and Access</i></p> <p>(GATTIS <i>et al.</i>, 2005)</p>	<p>Examinar os acidentes de rodovias rurais e suburbanas de quatro pistas com separação central, em relação à frequência de acesso e outros fatores.</p>	<p>Modelo de Poisson; Modelo Binomial Negativo; Teste de distribuição normal; Teste t; Teste não paramétrico como o teste de classificação de sinais de Wilcoxon (também conhecido como teste U de Mann-Whitney).</p>	<p>Variáveis: volume tráfego, presença de cruzamentos; número, severidade e tipos de acidentes e tipos de uso do solo. Utilização de taxas de acidentes.</p>	<p>O aumento da densidade de acesso aumenta a taxa de colisão. As estatísticas de Pearson e <i>deviance</i> indicaram que o modelo de Poisson não descreveu bem os dados. O modelo binomial negativo indicou que à medida que a VDM aumentava, a taxa de acidentes também aumentava.</p>
<p>Desenvolvimento dum modelo de previsão de acidentes</p> <p>(DA COSTA, 2013)</p>	<p>Modelagem de previsão dos acidentes para segmentos homogêneos e interseções de três ramos, baseados nos dados de estradas de uma faixa de rodagem com duas vias, em Portugal.</p>	<p>Técnicas de modelação dos modelos lineares generalizados e das equações de estimação generalizadas</p>	<p>Nos modelos de previsão dos acidentes totais ajustados para as interseções de três ramos, foi considerado o período de 2008 a 2010 e, para segmentos homogêneos de 1999-2010.</p>	<p>Dentre as variáveis que se mostraram significativas para o modelo de interseções tem-se o ambiente envolvente a interseção; E, para modelo dos segmentos: VMDA, a largura da via, a sinuosidade em perfil e a densidade de pontos de acesso.</p>
<p><i>Non-linear effects of the built environment on automobile-involved pedestrian crash frequency</i></p> <p>(DING <i>et al.</i>, 2018)</p>	<p>Utilização da Abordagem de aprendizado de máquina, o modelo de árvores de regressão de Poisson aditivas múltiplas, para investigar os efeitos do ambiente construído na acidentalidade de pedestres.</p>	<p>O modelo de árvores de aditivas múltiplas.</p>	<p>Dados de acidentes de janeiro de 2008 a dezembro de 2012. O ambiente construído foi extraído pelo ArcGIS, com sobreposição.</p>	<p>Os atributos do ambiente construído testados são identificados como tendo um efeito substancial na explicação da frequência de acidentes com pedestres. A contribuição coletiva da densidade do uso familiar, comercial da área e mistura de uso do solo representa aproximadamente 40% de todos os efeitos.</p>

ARTIGO	OBJETIVOS	MÉTODO	DADOS E VARIÁVEIS	RESULTADOS (EM RELAÇÃO AO USO DOS SOLO)
<p><i>Influence of Land Use and Driveway Placement on Safety Performance of Arterial Highways</i></p> <p>(AVELAR <i>et al.</i>, 2013)</p>	<p>Estabelecer a relação de segurança dos acessos adjacentes às rodovias do Oregon.</p>	<p>Os autores utilizaram modelos binomiais negativos. Inicialmente inclui-se na modelagem apenas medidas de exposição: volume de tráfego e extensão do segmento, de modo a desenvolver um modelo de base antes que os efeitos da entrada de automóveis e do uso do solo fossem incorporados. Os modelos são superdispersos de Poisson.</p>	<p>95 variáveis candidatas.</p> <p>Outras variáveis: Proporção de acessos comerciais e outros usos do solo e o número médio de entradas de automóveis.</p> <p>Dados de acidentes de 2004-2008.</p>	<p>Um acesso industrial aparece como um elemento relevante no modelo.</p> <p>O melhor modelo surge da substituição da densidade de acesso pelo número total de vias de acesso.</p> <p>O uso do solo afeta a segurança da rodovia em ambientes urbanos. Os resultados mostram que acessos industriais e comerciais tendem a ser mais associados à acidentalidade.</p>
<p><i>Impact of infrastructure and local environment on road unsafety: Logistic modeling with spatial autocorrelation</i></p> <p>(FLAHAUT, 2004)</p>	<p>Modelar o impacto de características de estradas e condições ambientais locais na segurança rodoviária.</p>	<p>Regressões logísticas.</p>	<p>Utilização do número de acidentes registrados para uma unidade espacial básica durante um determinado período de tempo;</p> <p>Variáveis explicativas: características do uso da estrada, características físicas das estradas, características de uso do solo e características ambientais naturais.</p>	<p>As análises exploratórias mostram que entre as categorias, apenas o ambiente construído desempenha um papel significativo nos pontos negros. Essa variável foi redefinida como a proporção da área construída ao longo das estradas.</p> <p>O uso do solo e a infraestrutura desempenham um papel importante na explicação das concentrações de acidentes. Seu impacto é menor do que o esperado quando considerada a autocorrelação.</p>

2.4 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Salienta-se que a faixa de domínio é mencionada, definida e tem seus parâmetros determinados em todos os manuais técnicos de estradas pesquisados para subsidiar esse referencial teórico. Ou seja, a sua relevância é corroborada por todos os normativos técnicos levantados para esse capítulo. Contudo, cada um deles possui suas especificidades quanto à identificação dos parâmetros, mas a manutenção das larguras definidas para FD é fundamental para que os objetivos para os quais a rodovia é projetada sejam cumpridos: segurança viária, operação da rodovia e futura expansão, se for o caso. Entretanto, é um grande desafio para os órgãos gestores brasileiras manter as faixas de domínio das rodovias desocupadas. Na prática, são frequentes as construções às margens de grande parte da extensão rodoviária nacional. A partir desse fato, discutiu-se a influência do uso do solo nas áreas lindeiras às rodovias e a segurança viária nesses trechos. Considerando a discussão provocada neste capítulo merecem destaque os seguintes tópicos conclusivos:

- Os manuais brasileiros consideram para delimitar as larguras das faixas de domínio das rodovias rurais: as funções da via, o tráfego expresso através do VMDA e o relevo do entorno. Em ambientes urbanos, a definição fica a critério do projetista, sendo portanto, flexibilizada.
- Além dos aspectos já considerados nos manuais brasileiros para definição de faixa de domínio, os outros normativos estudados levantaram mais elementos que podem ser considerados para delimitação de uma faixa de domínio, são eles: demarcação de área urbana, largura e quantidade de faixas e, mobilidade *versus* acessibilidade da via. Esse último aspecto merece atenção, no sentido de que vários elementos técnicos estão subentendidos nele, como por exemplo, a velocidade da via, o número de acessos, sua segregação com meio ambiente, os locais que ela faz a ligação. A existência de pavimentação ou não da rodovia considerada no normativo do Peru não foi considerada, uma vez que este estudo abrange apenas trechos pavimentados.
- Vários tipos de variáveis são utilizados em estudos que buscam uma relação do uso do solo e a segurança viária. Dentre elas, algumas se destacam devido sua correlação com o uso do solo e/ou com os parâmetros para definição de faixa de domínio levantados nos normativos na seção 2.1, são eles:

- Porcentagem de uso do solo ou área construída (IVAN *et al.*, 2000; FLAHAUT, 2004);
 - Tipos de uso do solo nas áreas adjacentes (IVAN *et al.*, 2000; BURCHETT e MAZE, 2006; SCHULTZ *et al.*, 2010; MIRANDA-MORENO *et al.*, 2011; CANTILLO *et al.*, 2016; Avelar *et al.*, 2013; DA COSTA, 2013; DING *et al.*, 2018);
 - Número e/ou densidade de acessos à rodovia (IVAN *et al.*, 2000; GATTIS *et al.*, 2005; SCHULTZ *et al.*, 2010; Avelar *et al.*, 2013; CANTILLO *et al.*, 2016);
 - Outras variáveis importantes também foram testadas nesses artigos, como: velocidade da via e VMDA.
- a maioria dos artigos presentes na revisão da literatura utilizaram como modelos de previsão de acidentes a regressão não linear de Poisson ou a regressão Binomial Negativa.

3 ETAPAS METODOLÓGICAS

O Capítulo 2 foi elaborado com intuito de referenciar e levantar aspectos relevantes relativos às faixas de domínio e as relações entre o uso do solo e segurança viária. Tais aspectos foram primordiais para conduzir este estudo no sentido de selecionar os dados e os métodos necessários para atingir os objetivos de pesquisa propostos. Deste modo, baseado no desenvolvimento da pesquisa foi definido o objeto de estudo e o levantamento dos dados. Por conseguinte, este capítulo apresenta a descrição dos materiais e procedimentos a serem utilizados no estudo, de forma a verificar o papel da manutenção da integridade das faixas de domínio na segurança viária de rodovias federais brasileiras.

3.1 MATERIAIS

Essa seção expõe os materiais a serem utilizados e os passos necessários para execução da pesquisa proposta neste trabalho:

3.1.1 Passo 1: Definição do trecho rodoviário

Convém ressaltar, inicialmente, que o universo de pesquisa foi restringido apenas às rodovias pavimentadas. Isso porque, se as medidas de fiscalização e manutenção da faixa de domínio já são deficitárias nas rodovias pavimentadas, nas rodovias não pavimentadas são quase inexistentes. Atualmente, o Brasil possui uma malha rodoviária federal pavimentada com extensão de 65.529,6 km (CNT, 2018b). Desse total, 9.697 km são rodovias concedidas a empresas privadas por meio do Programa de Concessões de Rodovias Federais e estão sob administração da Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. Esse Programa de Concessões foi dividido em 4 etapas: a 1ª Etapa ocorreu entre 1994 e 1998 e foram concedidos 6 trechos rodoviários; a 2ª Etapa contemplou a concessão de 8 trechos e ocorreu nos anos de 2008 e 2009; na 3ª etapa foram concedidos 8 trechos no período compreendido entre 2013 e 2014. Porém, no ano de 2015, houve a relicitação de um trecho da 1ª Etapa em função do vencimento do contrato de concessão e, em 2017, foi declarada a caducidade de um dos trechos da 3ª etapa, além do vencimento de outro contrato da 1ª Etapa. Em 2019, foi iniciada a 4ª etapa de concessão com o leilão da Rodovia de Integração Sul - RIS, totalizando assim 20 trechos de rodovias federais concedidas, conforme figura 3-1 (ANTT, 2019). O restante da malha rodoviária federal é administrado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT.

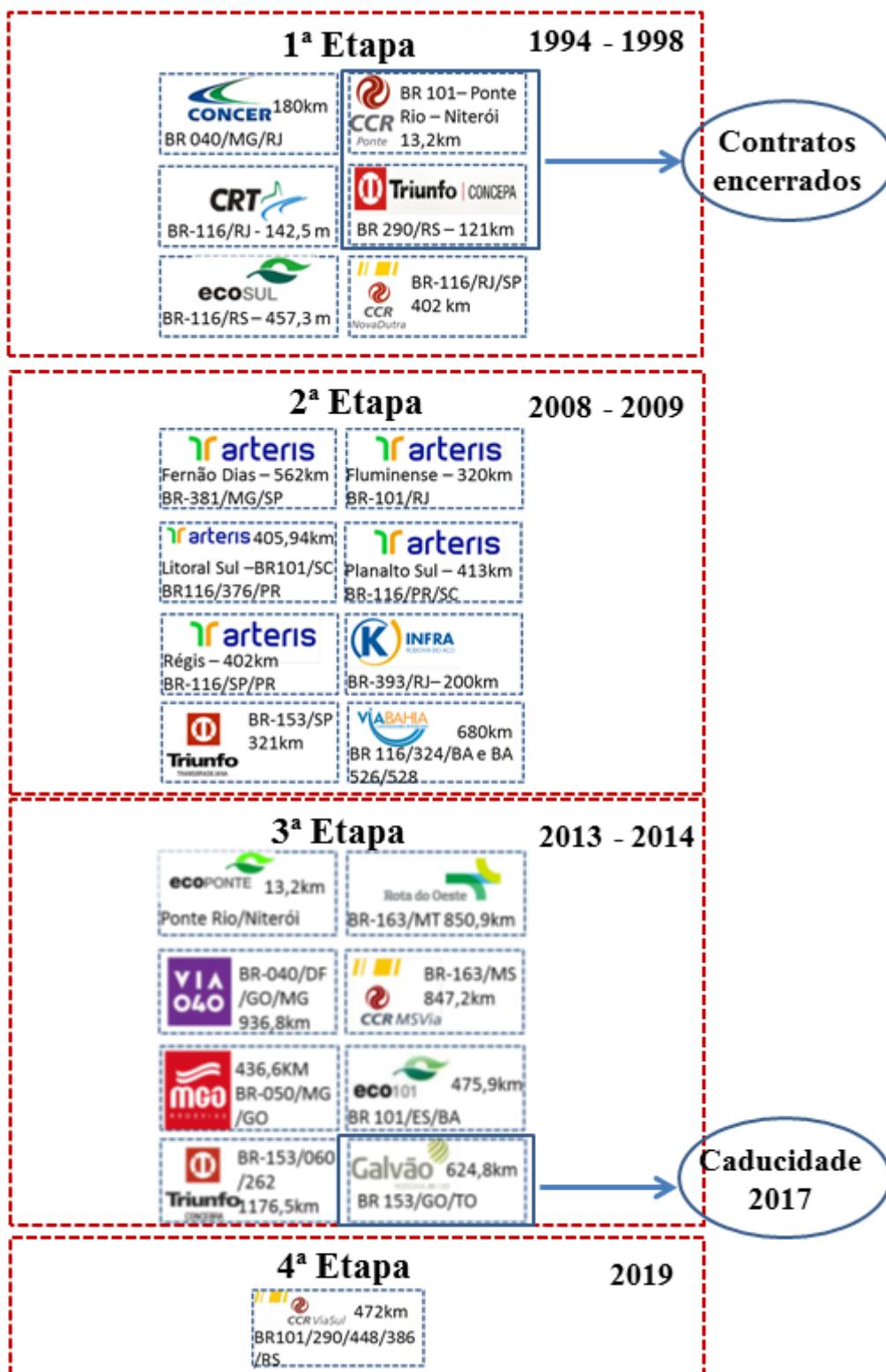


Figura 3-1: Programa de Concessão de Rodovias Federais em etapas

A primeira exploração para delimitar o trecho rodoviário a ser estudado levou em consideração a possibilidade de obtenção dos dados de ocupação de faixa de domínio. Isto por que, os dados relacionados à ocorrência de acidentes podem ser obtidos na base de dados da PRF (PRF, 2019) e, no caso das rodovias concedidas, existe também o banco de dados de acidentes das próprias concessionária, as quais possuem a obrigação contratual de apresentar periodicamente para a ANTT o Relatório Técnico-Operacional Físico-Financeiro, contendo diversos dados de monitoramento operacional da rodovia (RETOFF) (ANTT, 2019). Portanto, a maior dificuldade para a realização do presente estudo refere-se à obtenção de dados das ocupações irregulares, uma vez que, para alcançar os objetivos propostos, é fundamental determinar o tempo de existência das construções naquele espaço, bem como sua localização mais precisa possível.

Deste modo, a principal premissa para o desenvolvimento do modelo que estabeleceu as condicionantes de contorno foi a temporalidade e a espacialidade. Isto quer dizer que a informação sobre o momento em que a ocupação passou a se encontrar naquele local é essencial, uma vez que os acidentes são registrados considerando hora, dia, mês e ano de ocorrência. Ou seja, tal informação é imprescindível para tornar viável avaliação de eventual associação entre o acidente e a ocupação irregular. De maneira similar, a localização é imprescindível para a pesquisa, pois a influência da ocupação irregular nos acidentes será relacionada considerando a segmentação do trecho e, portanto, a relação é estabelecida considerando que a ocupação e o acidente estão situados no mesmo segmento rodoviário.

Tendo em vista os fatos apresentados e as premissas de pesquisa, procurou-se primeiramente um contato com o DNIT, considerando sua extensa malha e vasta documentação que expõe o problema há algum tempo (AGU, 2007; AGU, 2009; AGU, 2012). Atualmente, o cadastramento de ocupações irregulares é feito por meio dos contratos de manutenção e de supervisão rodoviária. Os dados coletados em campo são cadastrados no Sistema Integrado de Operações Rodoviária – SIOR, que é uma plataforma informacional do DNIT que concentra informações de diversos programas da autarquia. Existe também a possibilidade de consultar relatórios de manutenção e fiscalização nas Unidades Locais – UL do DNIT. Contudo, devido restrições orçamentárias da autarquia, a deficiência no quadro de servidores das Superintendências Regionais e das UL e extensa malha rodoviária sob jurisdição dessas unidades, não é possível construir um banco de dados que assegure informações precisas de “tempo” e “espaço” das ocupações de um trecho rodoviário. A consulta ao SIOR foi igualmente falha considerando ambas as premissas.

Em função dessas dificuldades, o esforço em busca dos dados foi direcionado à ANTT, uma vez que em todos os contratos de concessão vigentes existe a obrigação de que as empresas mantenham a integridade da faixa de domínio, inclusive mediante a adoção de providências para sua desocupação (ANTT, 2019). Nesse sentido, a partir do organograma do órgão é possível identificar que, na estrutura da Superintendência de Exploração de Infraestrutura Rodoviária (SUINF), existe uma gerência que possui uma coordenação específica para tratar do tema faixa de domínio (Figura 3-2).



Figura 3-2: Organograma da SUINF
Fonte: Adaptado ANTT (2019).

Portanto, no âmbito da Gerência de Engenharia e Meio Ambiente de Rodovias – GEENG existe uma Coordenação de Faixa de Domínio – COFAD, a qual possui dentre suas competências: *“propor medidas relacionadas à gestão, controle e regularização das faixas de domínio nas rodovias outorgadas”* (ANTT, 2018). Considerando essa atribuição e as dificuldades

enfrentadas pelas concessionárias em relação às desocupações e a regularização das faixas de domínio, expediu-se o Ofício Circular 011/2018/SUINF, por meio qual foi solicitado que todas as concessionárias prestassem informações a respeito da faixa de domínio sob sua administração, incluindo itens relacionados às ocupações irregulares. Após análise do conteúdo das respostas encaminhadas em atendimento ao ofício supracitado, optou-se por adotar o material apresentado pela concessionária Autopista Litoral Sul, tendo em que os dados relativos às ocupações irregulares estava mais compatível com os objetivos da pesquisa e premissas estabelecidas. Portanto, o segmento rodoviário escolhido foi o trecho da BR-101/SC sob concessão da Autopista Litoral Sul, que corresponde aos quilômetros 0 ao 245.

O esquema que ilustra o processo para definir o trecho rodoviário utilizado para este estudo está sintetizado na Figura 3-3. É importante frisar que a própria dificuldade para obtenção dos dados necessários ao desenvolvimento dessa dissertação ratifica a problemática enfrentada pelos órgãos federais brasileiros para lidar com esse tema.

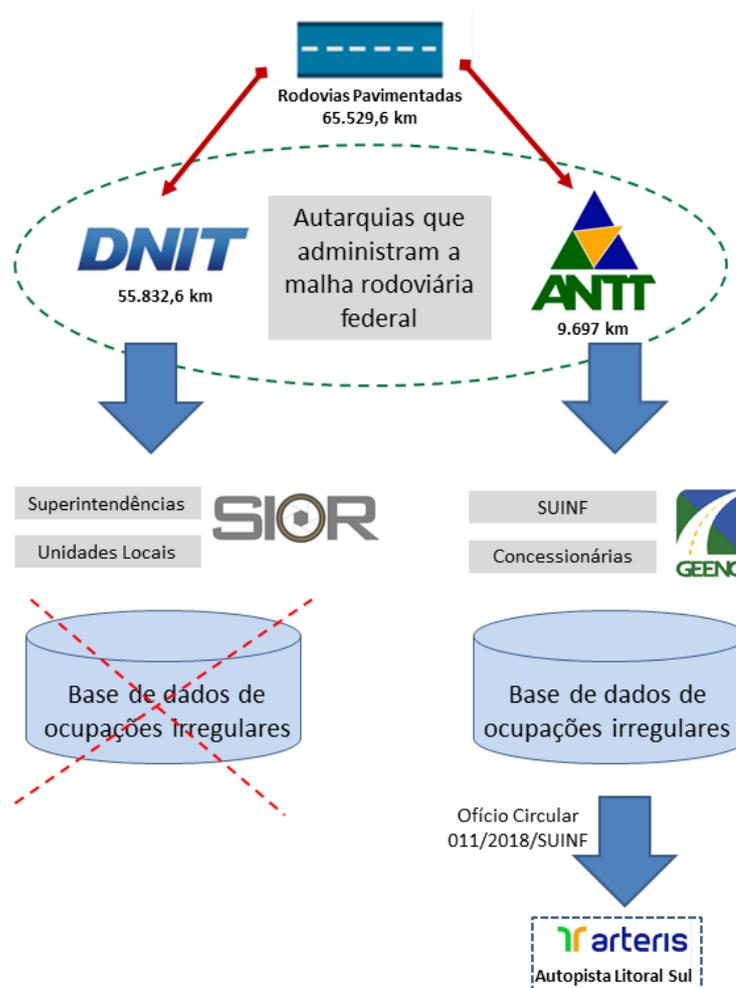


Figura 3-3: Esquema do processo de delimitação do trecho rodoviário

3.1.2 Passo 2: Segmentação dos trechos

Após a definição do trecho rodoviário a ser estudado, o próximo passo foi definir qual segmentação seria utilizada na pesquisa. Recorrendo a revisão da literatura dos métodos da seção 2.3, alguns estudos utilizaram 800m de comprimento com características homogêneas (IVAN *et al.*, 2000; GATTIS *et al.*, 2005). Contudo, Da Costa, (2013) tomou como referência segmentos de 200 a 400m de comprimento por serem parâmetros utilizados em Portugal na identificação dos pontos críticos. De modo semelhante, Avelar *et al.* (2013) utilizaram segmentos de 0,1 mi (aproximadamente 160m) em áreas urbanas e 0,25 mi, aproximadamente 400m em áreas rurais, obtendo que o efeito do comprimento do segmento é semelhante entre os modelos rurais e urbanos. Essa constatação implica que, dada uma contabilização explícita de outros fatores relevantes, essa medida de exposição é independente do tipo de ambiente (AVELAR *et al.*, 2013).

Portanto, com base na literatura e nos dados disponíveis, optou-se por segmentar o trecho em comprimentos de 200m, uma vez que as demais características poderiam variar em intervalos próximos a esse, como por exemplo o relevo do entorno e a velocidade. Ademais, não foi possível a segmentação por trechos homogêneos como em outros estudos analisados durante a revisão, principalmente devido a indisponibilidade de dados técnicos das características da rodovia. Alguns dados como inclinação de pista e curvatura, por exemplo, teriam que ser resgatados dos projetos antigos (executivos ou *as built*), projetos esses que em sua maioria foram executado pelo DNIT anteriormente.

3.1.3 Passo 3: Levantamento de dados de ocupações irregulares de faixa de domínio

A concessionária forneceu uma planilha em que constavam as ocupações de faixa de domínio (FD), categorizada por tipo, área e localização. Foi informado pela concessão que para realizar este levantamento, primeiramente efetuou-se o lançamento da faixa de domínio conforme projetos *as built* fornecidos pelo DNIT no AutoCad®. Ou seja, a faixa de domínio foi anteriormente definida pelo DNIT e passada para a concessionária no momento da assinatura do contrato de concessão ou mediante consultas posteriores. Essa foi a FD considerada para o estudo. Algumas exceções a essa regra referem-se a trechos nos quais foram executadas obras de duplicação e/ou melhoria pela própria concessionária, exigindo alterações pontuais da faixa de domínio. Portanto, os limites da faixa de domínio constantes dos projetos foram lançados

em um arquivo “.dwg” e então foi realizada uma sobreposição com imagens de satélites para identificação daquelas áreas que estariam sendo ocupadas irregularmente. Além disso, a concessionária realiza um monitoramento constante de demolições e alterações nessas áreas. Para complementar o levantamento, uma equipe de campo da concessionária realiza vistoria em campo para identificar a tipologia das ocupações. A planilha fornecida corresponde às ocupações que estavam presentes na faixa de domínio durante todo o ano de 2018.

Com essa planilha em mãos, foi necessário analisar e filtrar as informações no sentido de extrair somente aquelas que possuíam relação direta com a pesquisa. Para tanto, foi necessário desconsiderar: as ocupações irregulares que abrangiam apenas da faixa *non aedificandi*; as ocupações classificadas como lavoura (plantações); e as considerações a respeito de locação equivocada apenas de cerca ou muro.

Portanto, os dados secundários da pesquisa foram obtidos por meio de contato com a concessionária, além das informações fornecidas por ela em resposta ao Ofício Circular 011/2018/SUINF.

3.1.4 Passo 4: Levantamento de dados de acidentes

Dentre as informações prestadas no RETOFF, encontra-se uma planilha contendo todos os acidentes registrados pela concessionária, tais como: quando ocorreu (data e hora); local discriminando o quilômetro; tipo de acidente; causa provável; condições do local; características do trecho; condições do condutor e tipos de veículos envolvidos.

Assim, por meio do RETOFF fornecido pela ANTT os dados foram analisados e filtrados de modo a selecionar apenas os dados relevantes para a pesquisa. Com a primeira extração da planilha foram obtidos os acidentes do trecho objeto deste estudo, os números de acidentes com vítimas (NACV) e os números de acidentes com mortes (NACM). A eliminação dos dados de acidentes sem vítimas e sem mortes, ou seja, classificados pela concessionária apenas como acidente com danos materiais, foi feita uma vez que nem sempre o usuário da via notifica esse tipo de acidente, sabendo-se que há como consequência subnotificação. Sobre esse aspecto, Kumara e Chun (2003) mostraram que os modelos de contagem de dados tendem a fornecer estimativas tendenciosas quando a subnotificação não for considerada no processo de

modelagem. Portanto, visando reduzir o potencial de subnotificação optou-se por adotar apenas NACV e NACM do ano de 2018.

3.1.5 Passo 5: Definição e levantamento das variáveis técnicas que definem a largura da faixa de domínio

Além de efetivamente testar a relação das ocupações de FD com a acidentalidade, o objetivo deste estudo era estabelecer uma relação das demais variáveis ligadas a definição da faixa de domínio com a segurança viária e a correlação dessas variáveis com aquelas relativas às ocupações. Dessa forma, as demais variáveis selecionadas para serem testadas na modelagem foram àquelas identificadas no capítulo 2 como importantes na demarcação da largura da faixa de domínio e nas ocupações das áreas lindeiras às rodovias. Neste contexto, as variáveis utilizadas atualmente nos normativos brasileiros foram as primeiras selecionadas, ou seja, relevo, VMDA e velocidade (BRASIL, 1973; BRASIL, 1999). Cumpre ressaltar que essas variáveis apareceram também nos normativos internacionais abordados.

Ademais, pesquisadores mostraram a relação do número de acessos à rodovia com a acidentalidade (IVAN *et al.*, 2000; GATTIS *et al.*, 2005; SCHULTZ *et al.*, 2010; AVELAR *et al.*, 2013; CANTILLO *et al.*, 2016). Aliado a isso, o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias IPR-741 do DNIT dispõe que acessos ilimitados às rodovias urbanas e suburbanas criam numerosos conflitos de tráfego, aumentando o potencial de acidentes e, acessos adequadamente projetados provêm maior segurança aos motoristas, sendo recomendável que sejam em menor número e os seus ramos tenham maior capacidade, para atender a mais propriedades (BRASIL, 2010b). Neste contexto, VELLOSO e JACQUES (2012) salientaram que houve um grande aumento no número de pontos de acesso nas rodovias, que anteriormente eram usadas principalmente para o tráfego de longa distância, sofrendo uma alteração significativa no seu propósito original. É neste contexto que o manual norte americano também aborda a questão da acessibilidade x mobilidade como um dos quesitos para definir a largura da faixa de domínio (ASSTHO, 2001). Portanto, considerando a recorrência em que essa variável apareceu na literatura optou-se por incluí-la na análise estatística.

Logo o Passo 5 dos materiais da pesquisa, consistiu no levantamento dos dados relacionados às variáveis acima citadas. O VMDA, o relevo no entorno e a velocidade regulamentada foi fornecida pela ANTT por meio de relatórios técnicos operacionais periódicos da

concessionária. Já o número de acessos, de maneira similar às ocupações, foi obtido por meio de planilha disponibilizada pela concessionária (exigida pelo mesmo Ofício Circular 011/2018/SUINF), a qual contém o cadastro de todos os acessos com sua localização por quilômetro. Neste caso, foi necessário excluir apenas aqueles acessos já fechados pela concessionária.

Salienta-se que os acessos considerados são entradas e saídas de edificações como: residências, industriais, instituições, igrejas, dentre outras. Ou seja, não foram incluídas as interseções com a rodovia.

3.2 TÉCNICAS E PROCEDIMENTOS

Para estudar os fatores que afetam a segurança viária em algum espaço geográfico, os pesquisadores têm utilizado elementos espaciais (segmentos de rodovias ou interseções) e temporais (durante um período de tempo: semana, mês, ano, número de anos) associados aos acidentes em suas abordagens analíticas. Essas abordagens asseguram que dados adequados estejam disponíveis para a estimação de modelos estatísticos, ou seja, variáveis explicativas mensuráveis. Por isso, geralmente as pesquisas utilizam dados de frequência de falha que são números inteiros não negativos e sugere a aplicação de métodos de regressão de dados de contagem ou outras abordagens que podem considerar adequadamente a natureza inteira dos dados (LORD e MANNERING, 2010).

No decorrer dos anos, frequentemente a modelagem para previsão de acidentes de trânsito tem sido feita de maneira a identificar o comportamento de uma variável resposta em relação a uma ou mais variáveis independentes. Essas variáveis independentes, são consideradas variáveis explicativas, ou seja, tem o objetivo de explicar a variação da resposta (ou variável dependente). Esses modelos de regressão foram estendidos para todos do tipo exponencial (Normal, Gama, Poisson e Binomial) por meio da técnica de Modelos Lineares Generalizados (*Generalized Linear Models* – GLM) (NELDER e WEDDERBURN, 1972).

Esses modelos de previsão de acidentes são definidos com forma funcional das equações matemáticas conforme Equação 1.

$$y_{mt} = \alpha \left\{ \left[\prod_i (a_{i mt})^{y_i} \right] e^{\sum_j \beta_j x_{j mt}} \right\} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que:

y_{mt} Número esperado de acidentes para o elemento viário m no período de tempo t ;
 $\alpha_i, \gamma_i, \beta_j, X_{j,mt}$ Variáveis explicativas (i e j) observadas no elemento viário m no tempo t ;
 $\alpha, \gamma_i, \beta_j$ Parâmetros do modelo a ser estimado.

Dentre os modelos de previsão de acidentes, a literatura ressalta que tanto os Modelos Binomiais Negativos e os Modelos de Regressão de Poisson são os modelos do tipo mais básico (LORD e MANNERING, 2010). Aliado a esse fato, é importante considerar ainda que foram os métodos mais frequentes aplicados na revisão da literatura discutida no Capítulo 2. Deste modo, este trabalho propõe a calibração de modelos Binomiais Negativos e de regressão de Poisson. Portanto, tais procedimentos são destacados a seguir.

3.2.1 Modelo Regressão de Poisson

O modelo de Poisson é aplicado quando os dados de frequência de acidentes, uma vez que esses são inteiros não negativos. Neste tipo de modelo, a probabilidade de um segmento ou interseção ter colisões em y_i por um determinado tempo é dada por:

$$P(y_i) = \frac{\text{EXP}(-\lambda_i)\lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que $P(y_i)$ é a probabilidade do segmento ou interseção rodoviária ter colisões por um período de tempo e λ_i é igual ao número esperado de acidentes por ano. Ambos como uma função de variáveis explicativas, sendo a forma funcional mais comum $\lambda_i = \text{EXP}(\beta X_i)$, em que X_i é um vetor composto por coeficientes referentes às variáveis explicativas (LORD e MANNERING, 2010). Deste modo, este tipo de modelo tem sido proposto para explorar a reação entre fatores de risco e a modelagem de acidentes (ABDULHAFEDH, 2017).

Portanto, uma vantagem dos modelos de Poisson em detrimento de uma distribuição normal é a restrição de valores preditos para número não negativos, outra vantagem é considerar que os erros seguem uma distribuição de Poisson e não Normal (ABDULHAFEDH, 2017).

Uma suposição dos modelos de Poisson é que a média e a variância são iguais. Contudo, essa suposição às vezes é violada. Isso pode ser resolvido pelo parâmetro de dispersão se a diferença for pequena (ABDULHAFEDH, 2017). Além disso, é importante ressaltar que os modelos de Poisson não podem lidar com sub-dispersão, podem ser adversamente afetados por médias baixas de amostras e podem produzir resultados tendenciosos em pequenas amostras (LORD e MANNERING, 2010).

3.2.2 Modelo Binomial Negativo

O Modelo Binomial Negativo é considerado uma extensão do modelo de Poisson desenvolvido com o intuito de superar a possível dispersão excessiva dos dados, ou seja, a flexibilização da condição de que a média tem que ser igual a variância (LORD e MANNERING, 2010). Dessa maneira, este modelo, também conhecido como Poisson-gama, admite que o parâmetro de Poisson segue uma distribuição de probabilidade Gama, sendo um modelo ajustado para a relação entre média e as estruturas de variância, reescrevendo o parâmetro de Poisson para cada observação i (LORD e MANNERING, 2010). Sendo assim, tem-se:

$$\lambda_i = EXP(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (\text{Eq. 3})$$

em que $EXP(\varepsilon_i)$ é um termo de erro distribuído por gama com média 1 e variância α . Ao adicionar este termo a variância se diferencia da média $E(y_i)$:

$$VAR(y_i) = E(y_i) (1 + \alpha E(y_i)) \quad (\text{Eq. 4})$$

O termo α é frequentemente referido como o parâmetro de super-dispersão. E α e β podem ser estimados a partir da função de máxima verossimilhança. O modelo de regressão de Poisson é um modelo limitante do modelo de regressão Binomial Negativo com aproximação de zero, o que significa que a seleção entre esses dois modelos depende do valor de α . Quando α é zero, o modelo torna-se regressão de Poisson, e se α é significativamente diferente de zero, então a regressão de Binomial Negativa pode ser usada em vez do modelo de regressão de Poisson para lidar com a super-dispersão em dados de acidentes (ABDULHAFEDH, 2017).

Neste contexto, o modelo binomial de Poisson-gama / Negativo é provavelmente o modelo mais utilizado na modelagem como: sua incapacidade de lidar com dados sub-dispersos e problemas

de estimativa de parâmetros de dispersão quando os dados são caracterizados por pequenas amostras (LORD e MANNERING, 2010).

3.2.3 Modelo Poisson-lognormal

Alguns pesquisadores propuseram o uso do modelo de Poisson-lognormal como alternativa ao modelo binomial negativo para modelagem dos dados de acidentes. O modelo Poisson-lognormal é similar ao modelo binomial negativo, contudo o termo EXP usado para calcular o parâmetro de Poisson é lognormal, ou seja, não é distribuído por gama. No entanto, embora o Poisson-lognormal ofereça potencialmente maior flexibilidade do que o binomial negativo, ele tem suas limitações, principalmente por ter uma calibração do modelo mais complexa. Este tipo de modelo também pode ser afetado por amostra pequena e baixa média amostral (LORD e MANNERING, 2010).

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Este capítulo refere-se ao detalhamento do estudo de caso proposto, bem como a aplicação das técnicas e procedimentos com a análise dos resultados obtidos.

4.1 OBJETO DO ESTUDO

Conforme descrito na Seção 3.1, a escolha do trecho rodoviário a ser estudado foi baseada nos dados de ocupações irregulares de faixa de domínio disponíveis. Sendo assim, optou-se pela BR-101/SC no trecho sob concessão da Autopista Litoral Sul.

Neste contexto, é importante destacar que a concessionária Autopista Litoral Sul que pertence ao grupo Arteris é responsável pela administração do trecho denominado como Corredor Mercosul, importante corredor da região uma vez que é o principal caminho de ligação entre Curitiba e todo o litoral de Santa Catarina, e se tornou um importante instrumento para o desenvolvimento industrial e turístico da região. Esse trecho compreende ao todo: a parte conhecida como Contorno Leste de Curitiba da BR-116/PR; a BR-376; a BR-101/SC que liga a Curitiba ao município de Palhoça em Santa Catarina, englobando ainda o Contorno de Florianópolis (Figura 4-1). Ao todo possui 356,6km, englobando 23 municípios e, considerando apenas a BR-101/SC são 245km e 17 municípios, são eles: Garuva, Joinville, Araquari, Barra Velha, Piçarras, Penha, Navegantes, Itajaí, Camboriú, Balneário Camboriú, Itapema, Porto Belo, Tijucas, Governador Celso Ramos, Biguaçu, São José e Palhoça no estado de Santa Catarina (ARTERIS, 2019).

Os pontos “P” mostrados na Figura 4-1 diz respeito às praças de pedágios da rodovia. Importante salientar que a maior concentração de ocupações irregulares de faixa de domínio ocorre entre as praças de pedágio 3 e 5.

O contrato entre a concessionária e a ANTT foi assinado em 14 de fevereiro de 2008 e tem a vigência de 25 anos, prevendo um investimento durante esse período de R\$ 5,6 bilhões (ANTT, 2019). Dentre as obrigações desse contrato, destaca-se a responsabilidade da Concessionária em manter a integridade da faixa de domínio da Rodovia, inclusive adotando as providências necessárias à sua desocupação quando invadida por terceiros. Além disso, o contrato dispõe de uma verba destinada à removeção das ocupações de faixa de domínio já instaladas quando o contrato foi assinado (ANTT, 2019).



Figura 4-1: Trecho sob concessão da Autopista Litoral Sul
Fonte: Arteris (2019).

4.1.1 Descrição das bases de dados

Nesta seção serão tecidas considerações a respeito das estatísticas descritivas relativas ao objeto de estudo. Importante salientar que a análise descritiva foi separada para cada sentido da rodovia, obtendo-se 1225 segmentos para a pista norte (PN) e 1225 na pista sul (PS), todos com 200m cada, conforme descrito no capítulo anterior. Deste modo, a Tabela 4.1 traz as estatísticas

descritivas para os dois sentidos. A partir dessa análise que as ponderações foram assinaladas e, foram importantes para posterior aplicação do método.

Primeiramente, a Tabela 4-1 contém os mínimos, máximos, média e desvio padrão das possíveis variáveis respostas, são elas: número de acidentes com vítima (NACV); número de acidentes com mortes (NACM); soma do número de acidentes com vítimas e mortes (NACV+NACM); taxas de acidentes expressa em milhão de veículos x km, cujo o cálculo será demonstrado mais adiante. Além disso, a Tabela 4.1 também explicita variáveis explanatórias contínuas, que tratam-se daquelas mensuráveis por números, são elas: área de ocupação em m², quantidade de ocupações; VMDA expressa pela quantidade média diária anual de veículos que passam naquele trecho; a velocidade regulamentada e o número de acessos. Por último, são apresentadas as variáveis explanatórias categóricas que foram mensuradas considerando principalmente um percentual de trechos que possui determinada característica. Sendo essas características agrupadas em dois grupos distintos: relevo, diferindo entre topografia plana e ondulada e, tipo de ocupação subdividida em residencial, comercial, industrial, público, misto e outros.

Tabela 4-1: Estatística descritiva dos segmentos estudados

	Pista Norte				Pista Sul			
	Variáveis Respostas							
Variável	Min	Máx	Méd	DP	Min	Máx	Méd	DP
NACV	0,00	22,00	0,78	1,64	0,00	19,00	0,86	1,64
NACM	0,00	2,00	0,02	0,14	0,00	2,00	0,04	0,20
NACV+NACM	0,00	22,00	0,80	1,66	0,00	20,00	0,90	1,68
Taxa_Acidentes (Mi veic x km)	0,00	5,71	0,30	0,55	0,00	4,44	0,32	0,50
	Variáveis Explanatórias Contínuas							
	Min	Máx	Méd	DP	Min	Máx	Méd	DP
Área ocup. (m ²)	0,00	2208,64	21,56	98,25	0,00	925,61	14,64	66,15
Qtd_ocupações	0,00	25,00	0,53	1,69	0,00	25,00	0,35	1,02
VMDA (veic)	17.094,00	73.382,00	31.286,71	11.052,26	17.220,00	76.274,00	31.964,25	11.562,27
Veloc_Regul. (Km/h)	60,00	100,00	95,98	8,68	60,00	100,00	92,73	11,85
Num_acessos	0,00	19,00	1,85	2,74	0,00	15,00	1,74	2,41
	Variáveis Explanatórias Categóricas							
		Número de Segmentos	Porcentagem	Número de Segmentos	Porcentagem			
Relevo	Plano	20,5	1,67%	65,00	5,31%	-		
	Ondulado	1204,5	98,33%	1160,00	94,69%	-		
Tipo_Ocupação	Residencial	98,00	8,00%	63	5,14%	-		
	Comercial	56,00	4,57%	33	2,69%	-		
	Industrial	5,00	0,41%	4	0,33%	-		
	Público	48,00	3,92%	49	4,00%	-		
	Outros	4,00	0,33%	12	0,98%	-		
	Misto	61,00	4,98%	58,00	4,73%	-		
	Nenhum	953,00	77,80%	1006,00	82,12%	-		

Nota-se que no geral as estatísticas de ambas as pistas são similares. Neste trecho da rodovia não foi observado relevo montanhoso nas áreas de seu entorno e, nas duas pistas ao longo da rodovia não houve relevo montanhoso e o percentual de relevo ondulado é majoritariamente predominante, com quase 95% na pista sul e aproximadamente 98% na pista norte. As grandes variações no VMDA, tendo trechos com aproximadamente 17.000 veículos e outros com cerca de 76.000 veículos e também de velocidade regulamentada (variando de 60 a 100km/h) também foram parecidas, tais como os mínimos e máximos dessas variáveis foram semelhantes.

Salienta-se que foram identificados um total de 2083 acidentes com vítimas e mortes em todo o trecho, sendo de 2012 NACV e 71 NACM. Além disso, foi calculada para cada segmento a taxa de acidentes conforme a metodologia do MT-Programa Pare (2002) para trechos viários:

$$T = \frac{A \times 10^6}{P \times V \times E} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que:

T = número de acidentes por milhão de veículos x km

A = número de acidentes no trecho

P = período de estudo em dias

V = VMD que passa no trecho

E = extensão do trecho, em quilômetros

Um adendo importante a ser feito diz respeito aos tipos de acidente que aparecerem. O principal tipo de acidente, representando 52% do montante total acidentes com vítimas e mortes foi colisão (lateral, frontal, traseira, transversal. Em seguida destaca-se 20% de queda de moto e percentuais similares para choque com elementos (defensa, árvore, objeto de drenagem, poste etc), capotamento, engavetamento, atropelamento, saída de pista (ver Figura 4-2).

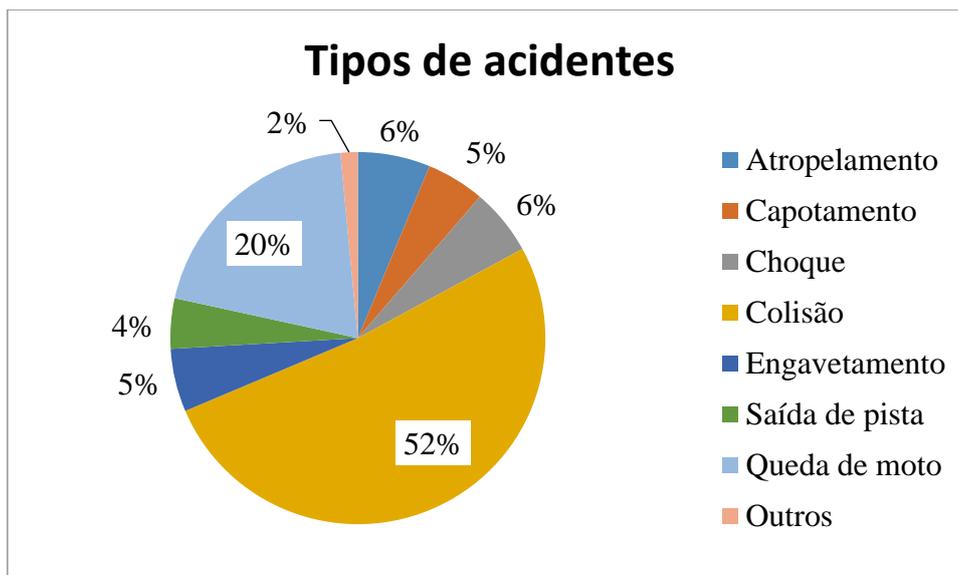
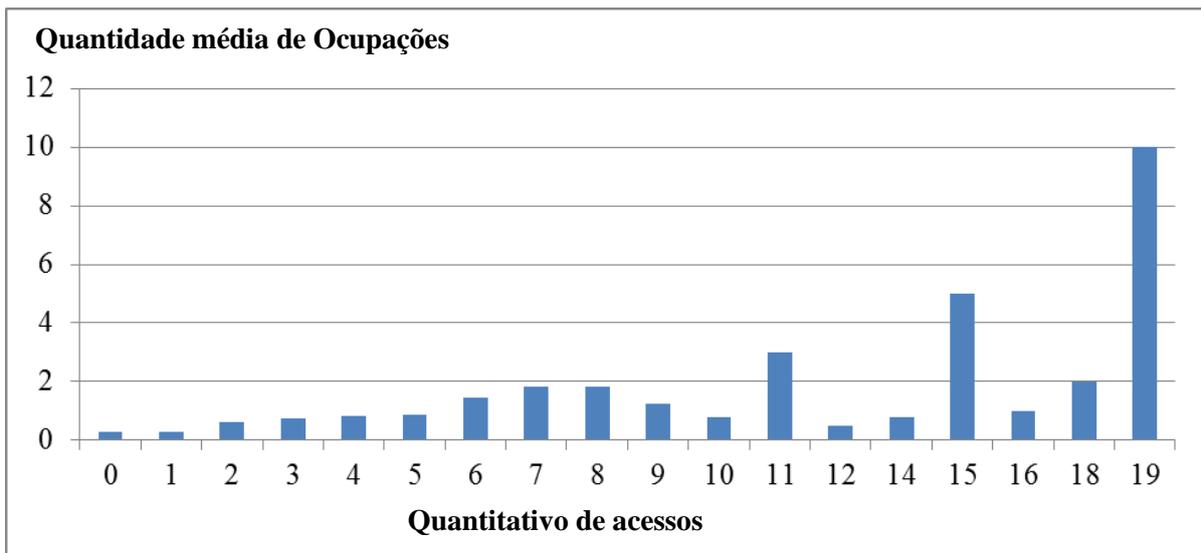


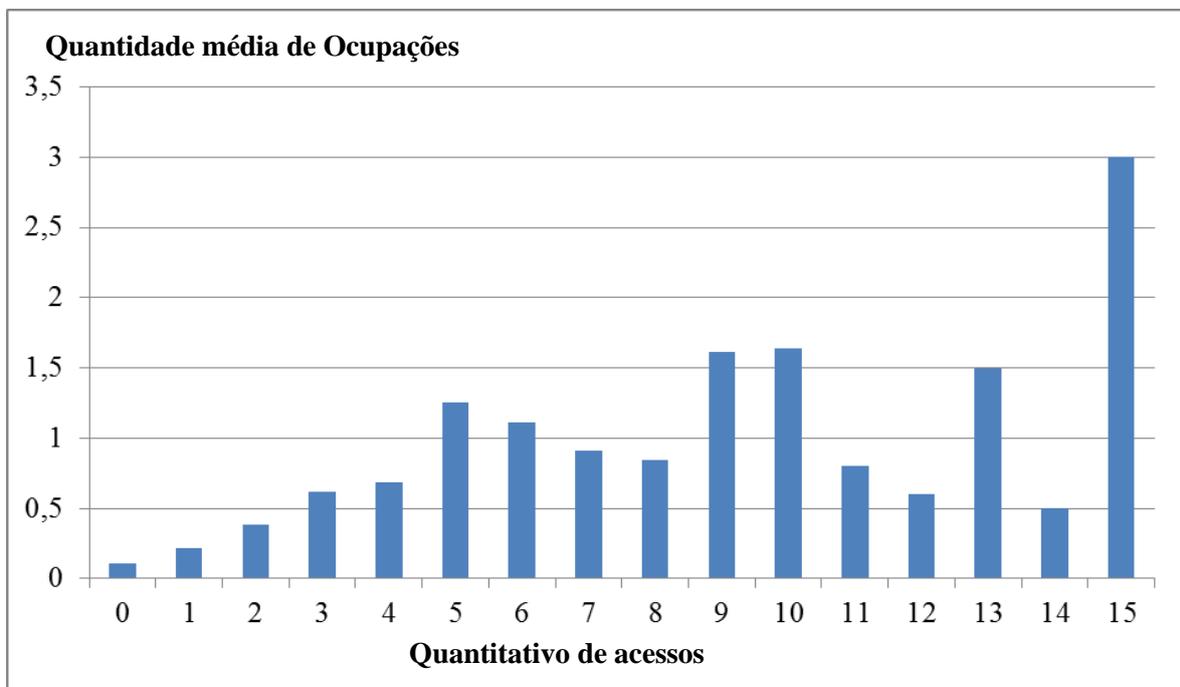
Figura 4-2: Classificação do tipo de acidente

Voltando à Tabela 4-1, outro aspecto relevante é que apesar dessa similaridade entre as pistas, as estatísticas relacionadas aos acidentes são ligeiramente maiores no sentido sul quando comparado ao sentido norte. Em relação às ocupações da faixa de domínio o inverso é observado, a FD na PS encontra-se levemente menos ocupada que na PN. Essa característica se repete em relação aos acessos, ou seja, o sentido norte possui números maiores relacionados aos acessos do que a pista sul. Diante disso, e aliado ao fato exposto por Gattis *et al.*, (2005) que afirmaram haver um aumento do número de acessos que interceptam a rodovia devido ao aumento da densidade de imóveis nas áreas lindeiras, foi elaborado um gráfico relacionando o número de acessos e a quantidade média de imóveis ocupando a faixa de domínio (Figura 4-3).

É possível observar nas Figuras 4-3a e 4-3b que não há relação linear entre o número de acessos e a quantidade média de ocupações. No entanto, os maiores números de acessos são associados a um grande número de ocupações, assim como menores quantidades de acessos associam-se a menores médias de ocupações de FD. Assim, essas duas variáveis mostram uma relação entre elas.



(a) Pista Norte



(b) Pista Sul

Figura 4-3: Gráfico da Quantidade de Acessos x Quantidade Média de Ocupações

Além disso, a PN possui um pequeno percentual ocupado de faixa de domínio maior que a PS, enquanto a PN possui 22,2% de segmentos que apresentam algum tipo de ocupação e a PS 17,88%. Ainda em relação à tipologia das ocupações observadas, a predominância em ambos os sentidos da rodovia são de segmentos com ocupações exclusivamente residenciais, seguidos por segmentos comerciais. Contudo, a distribuição entre os demais tipos diverge um pouco entre a Pista Norte e a Pista Sul, como pode ser observado pela Figura 4-4.



Figura 4-4: Distribuição da tipologia do uso do solo nas áreas ocupadas

Sobre a classificação dos tipos de ocupação as construções para fins de moradia familiar foram consideradas como residencial. Esse tipo de ocupação está exemplificado nas da Figura 4-5.



Figura 4-5: Exemplo de ocupações irregulares do tipo residencial

Fonte: Autopista Litoral Sul (2019).

As ocupações do tipo comercial exemplificadas na Figura 4-6 são edificações cujo o objetivo principal é a venda de produtos.



Figura 4-6: Exemplo de ocupações irregulares do tipo comercial
Fonte: Autopista Litoral Sul (2019).

Existem também algumas indústrias ocupando a faixa de domínio conforme os exemplos da Figura 4-7.



Figura 4-7: Exemplo de ocupações irregulares do tipo industrial
Fonte: Autopista Litoral Sul (2019).

Além disso, algumas ocupações dizem respeito a elementos ou municipais ou estaduais ou federais, tais como: subestação de tratamento de esgoto, escolas, pontos de ônibus, estruturas de água ou luz, posto de polícia, dentre outros. Na Figura 4-8 pode-se perceber dois exemplos deste tipo de uso que foi nomeado como Público.



Figura 4-8: Exemplo de ocupações irregulares do tipo público
Fonte: Autopista Litoral Sul (2019).

Já a classificação “outros” foi pensada para os demais elementos construtivos que não foram enquadrados nos anteriores. Conforme pode ser observado na Figura 4-9, trata-se, por exemplo, de construções para fins religiosos (igrejas, templos, casa de oração).



Figura 4-9: Exemplo de ocupações irregulares do tipo outros
Fonte: Autopista Litoral Sul (2019).

Importante ressaltar que o tipo de uso da construção está diretamente relacionado ao tipo de viagem e à demanda de viagem que ela motiva. Deste modo, estabelecimentos comerciais tendem a ter maior número de viagens que as edificações residenciais, por exemplo, visto que as famílias tendem a ter viagens em horários determinados para sair de casa para o trabalho e escola e o comércio em tese recebe clientes durante todo período comercial. De maneira similar, igrejas têm horários pré-estabelecidos para seus encontros. Além disso, as residências também

podem evidenciar a opção por andar a pé ou de bicicleta. Em suma, infere-se que o tipo de uso da ocupação influencia a ocorrência ou não de acidentes justamente pela demanda, sendo que essa demanda se relaciona a cada tipo de uso.

Com intuito de entender a relação das principais variáveis que a literatura frequentemente associa à segurança viária (velocidade e VMDA) e as variáveis relacionadas à ocupação de faixa de domínio, gerou-se gráficos por faixas de VMDA incluindo: número total de acidentes; velocidade regulamentada e área ocupada ou quantidade de ocupações. As faixas definidas foram 6: 15.000 a 24.999 veículos/dia, 25.000 a 34.999 e assim por diante, com intervalo de 10.000 veículos dia até o máximo de 74.999. Os valores foram adotados considerando os limites inferior e superior de VMDA de ambos os sentidos. Dessa maneira, para cada intervalo de VMDA foram gerados dois gráficos para cada pista, um considerando a média de área ocupada e outro com quantidade média de ocupações. Todos os gráficos encontram-se no Apêndice B. De maneira geral, não é perceptível uma relação linear entre o aumento de acidentes em área mais ou ocupadas ou com maior número de ocupações. Contudo, resta evidente que em faixas com maiores VMDA e maiores velocidades, o número de acidentes tende a ser maior com maior número médio de ocupações e área ocupada, como exemplificado nos gráficos da Figura 4-10 da faixa de VMDA de 45.000 a 54.999.

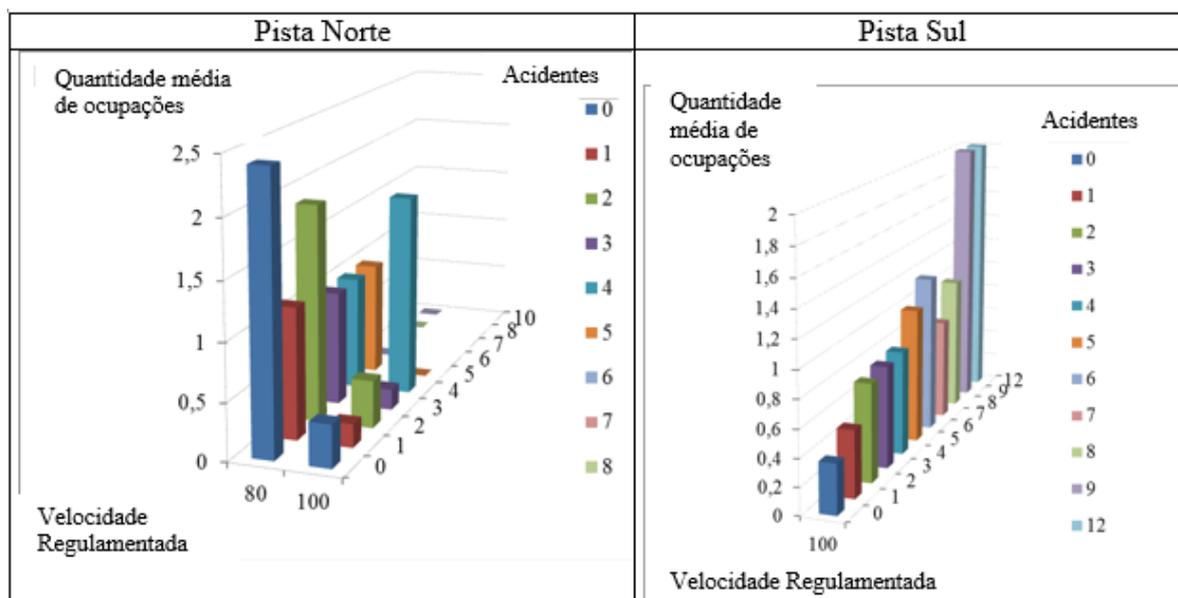


Figura 4-10: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes no intervalo de VMDA de 45.000 a 54.999

Fonte: Autopista Litoral Sul (2019).

4.2 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

A presente seção traz aplicação do método definido na seção 3.2.3. Para tanto, foram utilizados os dados referentes ao ano de 2018, que é correspondente ao período em que foram obtidos os dados das ocupações das FD e dos acessos. Outro aspecto que vale destacar é que foram usados os dados de acidentes totais, ou seja, a soma de NACV e NACM, sendo o gráfico de distribuição de frequência de acidentes representado na Figura 4-11. Dessa forma, os resultados viabilizam a análise do impacto das variáveis associadas às ocupações de FD e as variáveis relacionadas à definição de sua largura. Dessa forma, aplicou-se, então, as técnicas GLM por meio da regressão binomial negativa e regressão de Poisson. Para tanto, foi utilizado o *Statistical Analysis Software - SAS*.

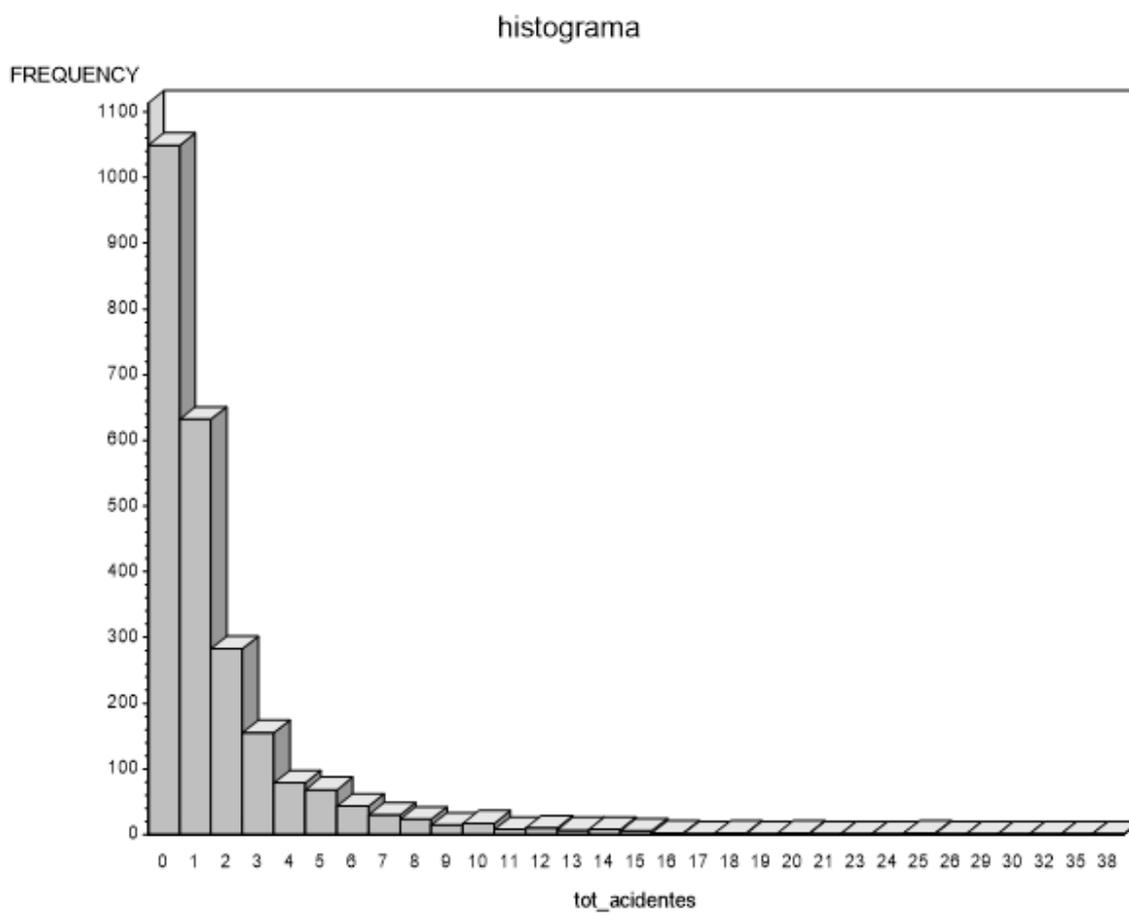


Figura 4-11: Histograma de distribuição de frequências dos dados de acidentes

Diante do exposto, foram realizados os ajustes de três modelos, sendo dois de binomiais negativos e um de Poisson, tendo obtido dois modelos com resultados aceitáveis. Ressalta-se que para todos os métodos utilizou-se o nível de confiança de 95%. Além disso, inicialmente,

testou-se a calibração de modelos utilizando o VMDA como uma das variáveis independentes, porém não foi possível considerando a magnitude dos dados de VMDA comparado aos demais. Deste modo, devido sua importância para o estudo proposto, o VMDA foi incorporado ao modelo como um *offset* da variável dependente. Sobre esse assunto, cabe salientar que os modelos binomiais negativos e de Poisson são tipicamente usados para dados de contagem, sendo por vezes relevante modelar taxas ao invés de contagens, casos em que o *offset* é aplicado. Portanto, o acidente fica associado ao VMDA, isto traduz que um acidente que ocorre em um volume de tráfego de 1.700 veículos/dia é diferente de um acidente que ocorre em um tráfego de 73.000 veículos/dia. Para que os modelos fossem ajustados com VMDA em *offset* foi necessário utilizá-lo como logaritmo, alterando-se, por conseguinte a magnitude da variável, mas mantendo a base de dados inicial. Logo, todos os modelos apresentados aqui utilizaram o *offset* de log de VMDA.

O primeiro modelo testado foi do tipo Binomial Negativo denominado como Modelo 1. Esse modelo incluiu todas as variáveis anteriormente definidas: relevo ondulada; tipo de uso do solo (residencial, comercial, industrial, público e outros); área ocupada; quantidade de ocupações; velocidade regulamentada para o trecho; número de acessos. Sobre a variável relevo, como foram identificadas apenas “relevo plano” e “ondulado” no entorno da rodovia e sendo o relevo ondulado predominante na amostra, considerou-se um percentual desse relevo. O percentual restante é relativo ao relevo plano, ou seja, a variável chamada de ondulado já expressa os tipos totais de relevo existentes na rodovia. Os parâmetros resultantes desse Modelo 1 estão expressos na Tabela 4-2.

Tabela 4-2: Parâmetros do Modelo 1

Critérios para avaliação da qualidade do ajuste			
Critério	DF	Value	Value/DF
<i>Deviance</i>	2438	3912.7854	1.6049
<i>Scaled Deviance</i>	2438	3912.7854	1.6049
<i>Pearson Chi-Square</i>	2438	4635.0693	1.9012
<i>Scaled Pearson X2</i>	2438	4635.0693	1.9012
<i>Log Likelihood</i>		-1769.2164	
<i>Full Log Likelihood</i>		-3169.5916	
<i>AIC (smaller is better)</i>		6361.1831	
<i>AICC (smaller is better)</i>		6361.2915	
<i>BIC (smaller is better)</i>		6425.0209	

Conforme a Tabela 4-2, a estatística de *deviance* e do *qui quadrado* demonstraram que o modelo é aceitável do ponto de vista dos seus parâmetros de ajuste. Contudo, faz-se necessário uma análise do valor-*p* das variáveis independentes com intuito de ajustar o modelo, uma vez que é principal parâmetro para escolha de um modelo em detrimento de outro. O valor-*p* é uma probabilidade que mede a evidência contra a hipótese nula, sendo que as probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes à hipótese nula. Sendo assim, o valor-*p* determina se a associação de cada termo do modelo é estatisticamente significativa por meio da comparação do valor-*p* com o nível de significância adotado, que no caso destes modelos é de 95% como dito anteriormente. Portanto, quando o valor for maior que 0,05 não existe correlação estatística daquela variável. Neste contexto, considerando os parâmetros das variáveis do Modelo 1 conforme Tabela 4-3 as variáveis “ondulada”, “industrial”, “público”, “outros”, “área” e “quantidade” não mostraram correlação estatística com no modelo.

Tabela 4-3: Parâmetros das variáveis do Modelo 1

Parâmetro	DF	Estimativa	Erro padrão	95%		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
				Intervalo de	Confiança		
<i>Intercept</i>	1	-9.5609	0.2142	-9.9808	-9.1411	1992.35	<.0001
<i>Ondulada</i>	1	-0.1474	0.1286	-0.3994	0.1046	1.31	0.2516
<i>Residencial</i>	1	-0.3788	0.1190	-0.6121	-0.1455	10.12	0.0015
<i>Comercial</i>	1	0.4159	0.0844	0.2506	0.5813	24.31	<.0001
<i>Industrial</i>	1	0.6307	0.2843	0.0734	1.1879	4.92	0.0265
<i>Público</i>	1	-0.0731	0.0944	-0.2582	0.1120	0.60	0.4388
<i>Outros</i>	1	-0.2425	0.2565	-0.7452	0.2602	0.89	0.3443
<i>Área</i>	1	-0.0007	0.0005	-0.0016	0.0002	2.10	0.1469
<i>Quantidade</i>	1	0.0400	0.0296	-0.0180	0.0981	1.83	0.1765
<i>Velocidade_Regulamen</i>	1	-0.0109	0.0020	-0.0149	-0.0069	28.59	<.0001
<i>N_mero_de_acessos</i>	1	0.0848	0.0067	0.0716	0.0980	158.41	<.0001
<i>Scale</i>	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

Portanto, com intuito de ajustar o modelo no sentido de excluir as variáveis que não apresentaram correlação estatística com a variável resposta, obteve-se o Modelo 2, também do tipo Binomial Negativo. Os parâmetros do Modelo 2 são evidenciados na Tabela 4-4.

Tabela 4-4: Parâmetros do Modelo 2

Critérios para avaliação da qualidade do ajuste			
Critério	DF	Value	Value/DF
<i>Deviance</i>	2445	2115.4609	0.8652
<i>Scaled Deviance</i>	2445	2115.4609	0.8652
<i>Pearson Chi-Square</i>	2445	2458.0682	1.0053
<i>Scaled Pearson X2</i>	2445	2458.0682	1.0053
<i>Log Likelihood</i>		-1429.3664	
<i>Full Log Likelihood</i>		-2829.7415	
<i>AIC (smaller is better)</i>		5671.4830	
<i>AICC (smaller is better)</i>		5671.5174	
<i>BIC (smaller is better)</i>		5706.3061	

Em relação às variáveis, todas tiveram o valor-*p* abaixo dos 0,05, portanto o Modelo 2 foi considerado aceitável para explicar a relação proposta conforme pode ser observado na Tabela 4-5.

Tabela 4-5: Parâmetros das variáveis do Modelo 2

Parâmetro	DF	Estimativa	Erro padrão	95%		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
				Intervalo de confiança			
<i>Intercept</i>	1	-9.9042	0.2819	-10.4568	-9.3516	1234.16	<.0001
<i>Residencial</i>	1	-0.2437	0.1239	-0.4866	-0.0008	3.87	0.0492
<i>Comercial</i>	1	0.4936	0.1319	0.2351	0.7521	14.01	0.0002
<i>Velocidade_Regulamen</i>	1	-0.0101	0.0030	-0.0159	-0.0042	11.46	0.0007
<i>N_mero_de_acessos</i>	1	0.1002	0.0115	0.0776	0.1228	75.35	<.0001
<i>Dispersion</i>	1	1.0230	0.0785	0.8801	1.1890		

Baseado nessa configuração de modelo binomial negativo obtida no Modelo 2, testou-se o ajuste de um modelo de Poisson denominado Modelo 3, considerando as mesmas variáveis obtidas no Modelo 2. Os parâmetros do Modelo 3 são apresentados na Tabela 4-6.

Tabela 4-6: Parâmetros do Modelo 3

Critérios para avaliação da qualidade do ajuste			
Critério	DF	Value	Value/DF
<i>Deviance</i>	2445	3923.9643	1.6049
<i>Scaled Deviance</i>	2445	3923.9643	1.6049
<i>Pearson Chi-Square</i>	2445	4664.4950	1.9078
<i>Scaled Pearson X2</i>	2445	4664.4950	1.9078
<i>Log Likelihood</i>		-1774.8059	
<i>Full Log Likelihood</i>		-3175.1810	
<i>AIC (smaller is better)</i>		6360.3621	
<i>AICC (smaller is better)</i>		6360.3866	
<i>BIC (smaller is better)</i>		6389.3813	

Assim, como no Modelo 2, todas as variáveis rejeitaram a hipótese nula, ou seja, tiveram o valor-*p* abaixo dos 0,05, como é possível perceber na Tabela 4-7.

Tabela 4-7: Parâmetros das variáveis do Modelo 3

Análise de estimativas de parâmetros de máxima verossimilhança							
Parâmetro	DF	Estimativa	Erro padrão	95%		Wald Chi-Square	Pr > ChiSq
				Intervalo de Confiança			
<i>Intercept</i>	1	-9.6727	0.1912	-10.0474	-9.2979	2559.23	<.0001
<i>Residencial</i>	1	-0.3173	0.0918	-0.4971	-0.1375	11.96	0.0005
<i>Comercial</i>	1	0.4380	0.0766	0.2879	0.5881	32.69	<.0001
<i>Velocidade_Regulamen</i>	1	-0.0112	0.0020	-0.0152	-0.0073	30.93	<.0001
<i>N_mero_de_acessos</i>	1	0.0839	0.0063	0.0716	0.0963	178.15	<.0001
<i>Scale</i>	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

Para verificação de qual o melhor modelo ajustado para o estudo proposto fez-se a comparação entre os Modelos 2 e 3 usando o Critério Bayesiano de Schwarz (BIC) e o Critério de Informação de Akaike (AIC). Assim, conforme demonstrado na Tabela 4-8, o Modelo 2 apresentou o melhor ajuste uma vez que possui os menores valores de BIC e AIC.

Tabela 4-8: Parâmetros das variáveis do Modelo 3

	Modelo 2	Modelo 3
BIC	5706,3061	6389,3813
AIC	5671,4830	6360,3621

Por fim, através da função de Pearson foi verificada a correlação entre as variáveis estudadas (Tabela 4-9). A variável que mais influencia o número de acidentes é o VMDA conforme previsto na literatura. Em seguida o número de acessos foi o que apresentou maior coeficiente de correlação com acidentes. Assim como nos modelos estudados, as variáveis relevo, industrial, públicos, outros, quantidade e área apresentaram menor correlação com a acidentalidade. Também, de modo similar aos modelos estudados, as variáveis “residencial” e “velocidade regulamentada” apresentaram coeficiente negativo. Entre as variáveis independentes destaca-se a correlação entre relevo e velocidade e entre os usos residencial, comercial e público com o número de acessos. Outra correlação interessante foi entre o VMDA e o tipo de uso comercial.

Tabela 4-9: Correlação de Pearson das Variáveis

	<i>Acidentes</i>	<i>Relevo</i>	<i>Residencial</i>	<i>Comercial</i>	<i>Industrial</i>	<i>Público</i>	<i>Outros</i>	<i>Área</i>	<i>Qtd</i>	<i>VMDA</i>	<i>Velocidade</i>	<i>N. acessos</i>
<i>Acidentes</i>	1,00											
<i>Relevo</i>	0,00	1,00										
<i>Residencial</i>	-0,02	0,01	1,00									
<i>Comercial</i>	0,15	0,03	0,00	1,00								
<i>Industrial</i>	-0,01	-0,03	0,01	0,02	1,00							
<i>Público</i>	0,06	0,01	-0,03	-0,01	0,00	1,00						
<i>Outros</i>	0,06	0,01	-0,01	0,02	0,03	-0,02	1,00					
<i>Área</i>	0,02	-0,01	0,38	0,22	0,16	0,01	0,09	1,00				
<i>Quantidade</i>	0,06	0,01	0,58	0,28	0,06	0,12	0,10	0,79	1,00			
<i>VMDA</i>	0,50	0,07	-0,03	0,18	-0,02	0,06	0,02	0,02	0,08	1,00		
<i>Velocidade</i>	-0,05	0,13	-0,02	0,02	0,00	-0,03	0,05	0,02	-0,01	0,05	1,00	
<i>N. acessos</i>	0,26	0,07	0,16	0,24	-0,01	0,18	0,06	0,14	0,28	0,29	0,01	1,00

5 CONCLUSÕES

A faixa de domínio é um elemento de projeto definido para abranger as instalações destinadas à operação de uma rodovia. Além disso, destaca-se que sua largura tem dentre seus principais objetivos, a função de prover segurança viária aos usuários da via e aos residentes das áreas lindeiras e ainda, garantir espaço para uma futura expansão, se for o caso. Corroborando com a importância deste elemento viário, os normativos para a elaboração de projetos geométricos de rodovias e de segurança viária de outros países, também preveem a definição e disposições para as faixas de domínio.

Contudo, no Brasil, as rodovias federais possuem suas faixas de domínio ocupadas de modo geralmente desordenado, caracterizando um desafio aos órgãos federais que administram essa infraestrutura. Assim, as FD são uma preocupação que vem sendo explicitada por documentos técnicos desses órgãos, no entanto, ainda não foi possível reverter o quadro de irregularidade presente em grande parte das rodovias brasileiras.

Na busca por documentos científicos relacionados à ocupação da faixa de domínio e a segurança viária, não foi localizada uma comprovação científica ou técnica que demonstrasse a relação dessas ocupações na acidentalidade. Assim, percebe-se uma que essa é uma discussão mais presente no meio técnico dos órgãos federais do que na literatura científica, logo, este trabalho colabora para o início de pesquisas acadêmicas com esse foco e busca responder ao problema proposto por meio de um modelo com embasamento científico.

Apesar da literatura científica não trazer um estudo que explique a influência de ocupações irregulares de faixa de domínio na segurança viária, vários pesquisadores tem se dedicado a estudar a relação entre uso do solo nas áreas adjacentes às rodovias e a ocorrência de acidentes. Desta maneira, pode-se fazer um paralelo entre esses estudos envolvendo uso do solo e as ocupações irregulares, uma vez que a maioria dos elementos construtivos que se encontram nessa posição de irregularidade tratam-se de edificações para fins residenciais, industriais, comerciais, público ou institucionais, dentre outros. Assim, a partir dessa temática, foi possível localizar na literatura trabalhos que relacionam uso do solo e acidentalidade por meio de taxa de ocupação de área, tipo de uso e número de acessos a essas propriedades lindeiras.

Neste contexto, a análise descritiva desta dissertação demonstrou que apesar de não haver uma relação linear, uma maior quantidade de ocupações está relacionada ao maior número de acessos. Além disso, foi possível identificar que em trechos com maiores VMDA's e velocidades regulamentadas, o número de acidentes tende a ser maior com aumento da quantidade de ocupações e área ocupada, apesar de novamente não se apresentar uma relação linear.

Para desenvolver o modelo proposto foram empregados os modelos lineares generalizados, por meio das regressões Binomial Negativa e de Poisson, sendo que dentre os modelos testados, o modelo Binomial Negativo demonstrou ter o melhor ajuste considerando o problema em questão. O modelo final obtido não considerou as variáveis: área de ocupação, quantidade de ocupação, tipo de uso do solo industrial, público e outros; e relevo, pois essas variáveis não passaram no primeiro teste de hipótese do modelo com significância de 95%. Outro aspecto a se ressaltar em relação ao método, é que o VMDA foi associado à variável resposta do modelo, ou seja, ao número de acidentes.

Apesar do pressuposto inicial de que a ocupação do solo, representada pelas variáveis “área de ocupação” e “quantidade de ocupação”, seriam relevantes para determinação de frequência dos acidentes, tais variáveis não se mostraram significativas no modelo final. No entanto, o tipo de ocupação “uso comercial” se mostrou relevante, evidenciando que a classificação do uso dessas ocupações pode ser importante para justificar medidas de desocupação de FD ou de prevenção dos demais tipos de ocupação. Ademais, o “número de acessos” também se mostrou relevante para o aumento de acidentes. Vale ressaltar que essa variável está correlacionada com “quantidade de ocupação” e “área ocupada”. O VMDA, que é um dos elementos considerados na definição de faixa de domínio e que também está correlacionado com número de acessos, se mostrou como a variável mais relevante na frequência de acidentes.

Dessa forma, os resultados apresentados neste trabalho foram pertinentes, porém possuem algumas limitações que são descritas no tópico 5.1, e que oportunizam novas pesquisas conforme sugestões apresentadas no tópico 5.2.

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O trecho rodoviário que foi o objeto do trabalho, possui o relevo do seu entorno predominantemente ondulado e, em função disso, a base de dados empregada na modelagem

não possui nenhum segmento classificado como montanhoso. Tal característica pode ter influenciado o resultado obtido para a variável “relevo”, que resultou não-significativa para o modelo. Ainda em relação às características do trecho, ressalta-se que ele é em pista dupla com alguns pontos contendo terceira faixa, no entanto, a variação do número de faixas não foi considerada. Cabe salientar que os demais fatores relacionados a segurança viária, ou seja, outros fatores viário ambiental, fatores humanos e veiculares, não fazem parte do escopo desta pesquisa e, portanto, não foram incorporados aos modelos.

Uma outra limitação foi a impossibilidade de identificar a distância das ocupações irregulares até a pista de rolamento, bem como identificar se as ocupações respeitavam, pelo menos, a distância referente à zona livre. Não foi possível selecionar os trechos em que as ocupações estavam fisicamente separadas da pista central, o que é relevante sobretudo para os casos em que as construções estavam muito próximas às vias marginais ou mesmo à pista da rodovia. Em alguns casos foi observada a separação física realizada por barreiras tipo *New Jersey*. Na observação de características complementares pelo *Google Earth* foram observados trechos nessas condições, os quais devem impactar na segurança dos ocupantes dessas regiões. Porém, a base de dados não dispõe dessas informações com a confiabilidade suficiente para serem inseridas neste estudo sendo, portanto, um fator a ser considerado em novas investigações.

Ademais, ressalta-se que não foi realizado um estudo do tipo antes e depois, isto é, a análise da acidentalidade em um mesmo segmento que não tinha ocupação e que foi posteriormente ocupado. Esse estudo foi inviabilizado devido à dificuldade de acesso aos dados de ocupação referente a outros anos para estruturar a base de estudo. A base utilizada nesse estudo foi composta apenas com as ocupações que estavam na faixa de domínio no ano de 2018, não sendo possível obter informações relacionadas à data de início dessas ocupações.

Finalmente, não foi analisada a questão da faixa de domínio relacionada ao seu objetivo quanto a futuras expansões da via.

Tendo em vista as conclusões e as limitações aqui apresentadas, seguem propostas e recomendações para trabalhos futuros.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante do exposto, as recomendações para trabalhos futuros são:

- Elaborar um modelo utilizando trechos rodoviários de diferentes rodovias, considerando, diferentes condições de relevo e incluindo também, rodovias sob administração do órgão federal DNIT;
- Considerar na modelagem a distância da pista de rolamento às ocupações e, ainda, se essa distância atende aos limites estabelecidos para a zona livre;
- Considerar outros aspectos relacionados à segurança viária, tais como: comportamento do motorista, geometria da pista, condições climáticas, condições dos veículos, dentre outras;
- Realizar uma comparação de trechos homogêneos que possuam ocupação de FD e trechos sem ocupação da FD;
- Considerar como variável o tipo de separação da via principal em relação às ocupações levantadas;
- Elaborar estudos do tipo antes e depois, envolvendo locais em que a ocupação foi recentemente edificada ou demolida;
- Elaborar uma base de dados de ocupações de faixas de domínio nos órgãos rodoviários federais.

Vale ressaltar que estudos dessa natureza são altamente dependentes de dados confiáveis. Dessa forma é necessário que os órgãos gestores das rodovias tragam em seus bancos de dados as informações referentes à construção e manutenção, incluindo os períodos de realização de contratos e serviços, bem como os dados de operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (2001) A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO. Washington, D.C.
- ABDULHAFEDH, A. (2017) Road Crash Prediction Models: Different Statistical Modeling Approaches. *Journal of Transportation Technologies*, 2017, 7, 190-205.
- AGU (2007) Parecer n 13/2007. Datado de 15 de março de 2007.
- AGU (2009) PARECER/FMRD/PFE/DNIT/2110/2009. Datado de 22 de outubro de 2009.
- AGU (2012) Parecer 029/2012/DEPCONSUPGF/AGU. Datado de 27 de março de 2012.
- AGÜERO-VALVERDE, J. & JOVANIS, P. (2008) Spatial analysis of fatal and injury crashes in Pennsylvania. *Accident Analysis and Prevention*, v. 38, p. 618-625.
- ANTT (2018) Regimento Interno da ANTT portaria Nº 351, de 24 de agosto de 2018.
- ANTT (2019) Concessões Rodoviárias. Disponível em: <
http://www.antt.gov.br/rodovias/Concessoes_Rodoviarias/>. Acessado em abril 2019.
- ARTERIS (2019) Litoral Sul. Disponível em: <
<http://www.arteris.com.br/concessionarias/litoral-sul/>>. Acessado em abril 2019.
- AUSTROAD (1994) Austroads Road Safety Audit. Austrália: Austroads National Office.
- AVELAR, R. E., DIXON, K. K., BROWN, L. S., MECHAM, E. M. & SCHALKWYK, I. (2013) Influence of Land Use and Driveway Placement on Safety Performance of Arterial Highways. Transportation Research Board of the National Academies, Washigton.
- BRASIL (1973) Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem. Aprovadas pelo Senhor Ministro da Viação e Obras Públicas. Portarias números 19, DE 10.01.1949 e 348, DE 17.04.1950, Brasília, DF.
- BRASIL (1993) LEI Nº 8.666, de 21 DE junho de 1993, Brasília, DF.
- BRASIL (1997) Código de Trânsito Brasileiro. LEI Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, Brasília, DF.
- BRASIL (1999) Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. (IPR. Publ. 706). Rio de Janeiro, RJ. 195p.
- BRASIL (2002) Código Civil Brasileiro. LEI Nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002, Brasília, DF.
- BRASIL (2005) Manual para Ordenamento do Uso do Solo nas Faixas de Domínio e Lindeira das Rodovias Federais. (IPR. Publ. 712). Rio de Janeiro, RJ. 57p.
- BRASIL (2008) Manual de Procedimentos para a Permissão Especial de Uso das Faixas de

Domínio de Rodovias Federais e Outros Bens Públicos sob Jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. – Brasília, 2008. 91p.

BRASIL (2010a) Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. (IPR. Publ. 740). Rio de Janeiro, RJ. 392p.

BRASIL (2010b) Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias. (IPR. Publ. 741). Rio de Janeiro, RJ.

BRASIL (2017) Glossário de Termo Técnicos Rodoviários. (IPR. Publ. 700). Rio de Janeiro, RJ.

BURCHETT, G. D. & MAZE, T., H. (2006) Rural Expressway Intersection Characteristics as Factors in Reducing Safety Performance. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol 1953, p. 71-80.

CANTILLO, V. A., GARCÉS, P. B. & MÁRQUEZ, L. (2016) Factors influencing the occurrence of traffic accidents in urban roads: A combined GIS-Empirical Bayesian approach. DYNA 83 (195), pp. 21-28.

CHILE (2012) Manual de Carreteras. Ministerio de Obras Publicas, MOP. Santiago, CH.

CNT (2018a) Acidentes rodoviários e infraestrutura. – Brasília. Confederação Nacional de Transportes.

CNT (2018b) Anuário CNT do transporte Estatísticas consolidadas – Brasília. Confederação Nacional de Transportes.

DA COSTA, J. O. (2013) Desenvolvimento dum modelo de previsão de acidentes. Tese de Doutorado em Segurança Viária da Universidade de Minho. Portugal.

DA COSTA, J. O.; JACQUES, M. A. P.; SOARES, F. E. C.; FREITAS, E. F. (2016) Integration of geometric consistency contributory factors in three-leg junctions collision prediction models of Portuguese two-lane national highways. Accident Analysis and Prevention, v. 86, p. 59-67.

DAER/RS (2019) Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem do Rio Grande do Sul. Faixa de domínio. Disponível em: <<https://www.daer.rs.gov.br/faixa-de-dominio>>. Acessado em abril 2019.

DATASUS (2015) Estatísticas do Ministério da Saúde. Disponível em:<<http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/>>. Acessado em abril 2018.

DING, C. O.; PENG, C. & JIAO, J. (2018) Non-linear effects of the built environment on automobile-involved pedestrian crash frequency: A machine learning approach. Accident Analysis and Prevention, v. 112, p. 116-126.

DNIT (2009) Ordem de serviço DG 0001/2009.

DNIT (2018a) Faixa de Domínio. Disponível em: <
<http://www.dnitt.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/faixa-de-dominio/faixa-de-dominio>>. Acessado em outubro 2018.

DNIT (2018b) Instrução de Serviço n 17- DNIT Sede. Data de 01 e novembro de 2018.

DNIT (2019) Instrução de Serviço n 03/2019/DG/DNIT. Datada de 4 de janeiro de 2019.

FITZPATRICK, K., LORD, D. & PARK, B. (2008) Accident modification factors for medians on freeways and multilane rural highways in Texas. *Transp. Res. Rec.* v. 2083 (1), p. 62–71.

FLAHAUT, B. (2004) Impact of infrastructure and local environment on road unsafety: Logistic modeling with spatial autocorrelation. *Accident Analysis and Prevention*, v. 36, p. 1055-1066.

GATTIS, J. L., BALAKUMAR, R. & DUCAN, K. (2005) Effect of Rural Highway Median Treatments and Acess. *Transportation Research Board of the National Academies*, Washigton.

HADDON Jr., W., (1968) The Changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. *American Journal of Public Health* 58, 1431–1438.

IPEA (2008) Texto para discussão no 1344: Fatores condicionantes Da gravidade dos Acidentes de trânsito nas Rodovias brasileiras. Ieda Maria de Oliveira Lima, José Carlos Figueiredo, Patrícia Alessandra Morita, Philip Gold. Brasília, julho de 2008

IVAN, J. N., WANG, C. & BERNARDO, N. R. (2000) Explaining two-lane highway crash rates using land use and hourly exposure. *Accident Analysis and Prevention*, Vol 32, p. 787-795.

KUMARA, S. S. P. & CHUN, H. C. (2003) Modeling accident occurrence at signalized tee intersections with special emphasis on excess zeros. *Traffic injury Prevention* 3 (4), 53–57.

LEE, J. & MANNERING, F. (2002) Impact of roadside features on the frequency and severity of run-off-roadway accidents: an empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention*, v. 34, p. 149-161.

LORD, D. & MIRANDA-MORENO, L. (2007) Effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter of Poisson-gamma models for modeling motor vehicle crashes: A Bayesian perspective. *Safety Science*, v. 46, p. 751-770.

LORD, D. & MANNERING, F. (2010) The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A*. v. 44, p. 291-305.

- MARAFON, M. A. & VAREJÃO, L. C. S. (2009) Gestão da faixa de domínio pelo DNIT. In: 14º Encontro Nacional de Conservação Viária, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte, MG.
- MIRANDA-MORENO, L. F., MORENCY, P. & EL-GENEIDY, A. M., (2011) The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian–vehicle collision occurrence at signalized intersections. *Accid. Accident Analysis and Prevention*, v. 43, p. 1624-1634.
- NELDER, J. A., & WEDDERBURN, R. W. (1972) Generalized linear Models. *Journal of the royal Statistical society*, 135(3), 370-384
- NODARI, C. T. (2003) Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviários Rurais de Pista Simples. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFRS, Porto Alegre –RS.
- OMS (2015) Organização Mundial de Saúde - Global status report on road safety 2015. OMS Library Cataloguing-in-Publication Data. Genebra 27, Suíça.
- PERU (2013) Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. DG-2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, PE.
- PRF (2019) Banco de dados de acidentes rodoviário federais. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes>>. Acessado em abril de 2019.
- RAITZ, K. (1998) American Roads, Roadside America. *The Geographical Review*, Vol 88, p. 363-387.
- SAHA, D.; ALLURI, P. & GAN, A. (2015) Prioritizing highway safety Manual’s crash prediction variables using boosted regression trees. *Accident Analysis and Prevention*, v. 79, p. 133-144.
- SCHULTZ, G. G., BRALEY, K. T. & BOSCHERT, T. (2010) Relation between access management and safety other physical roadway characteristics and safety, *Journal of Transportation Engineering*
- SOUZA, M. L. R. (2012) Procedimento para avaliação de projetos de Rodovias rurais visando a segurança viária. Dissertação do Programa de Pós-Graduação de Transportes da UNB, Brasília-DF
- UKKUSURI, S., MIRANDA-MORENO, L. F., RAMADURAI, G. & ISA-TAVAREZ, J. (2012) The role of built environment on pedestrian crash frequency. *Safety Science*. v 50 p. 1141–1151.
- VELLOSO, M. S. & JACQUES, M. A. P. (2012) On-the-spot study of pedestrian crashes on Brazilian Federal District rural highways crossing urban areas. *Transportation Research Part F* v. 15 p. 588–599

APÊNDICE A – ESTUDO DE ÁREAS OCUPADAS DO LEILÃO BR-101/290/448/386/RS

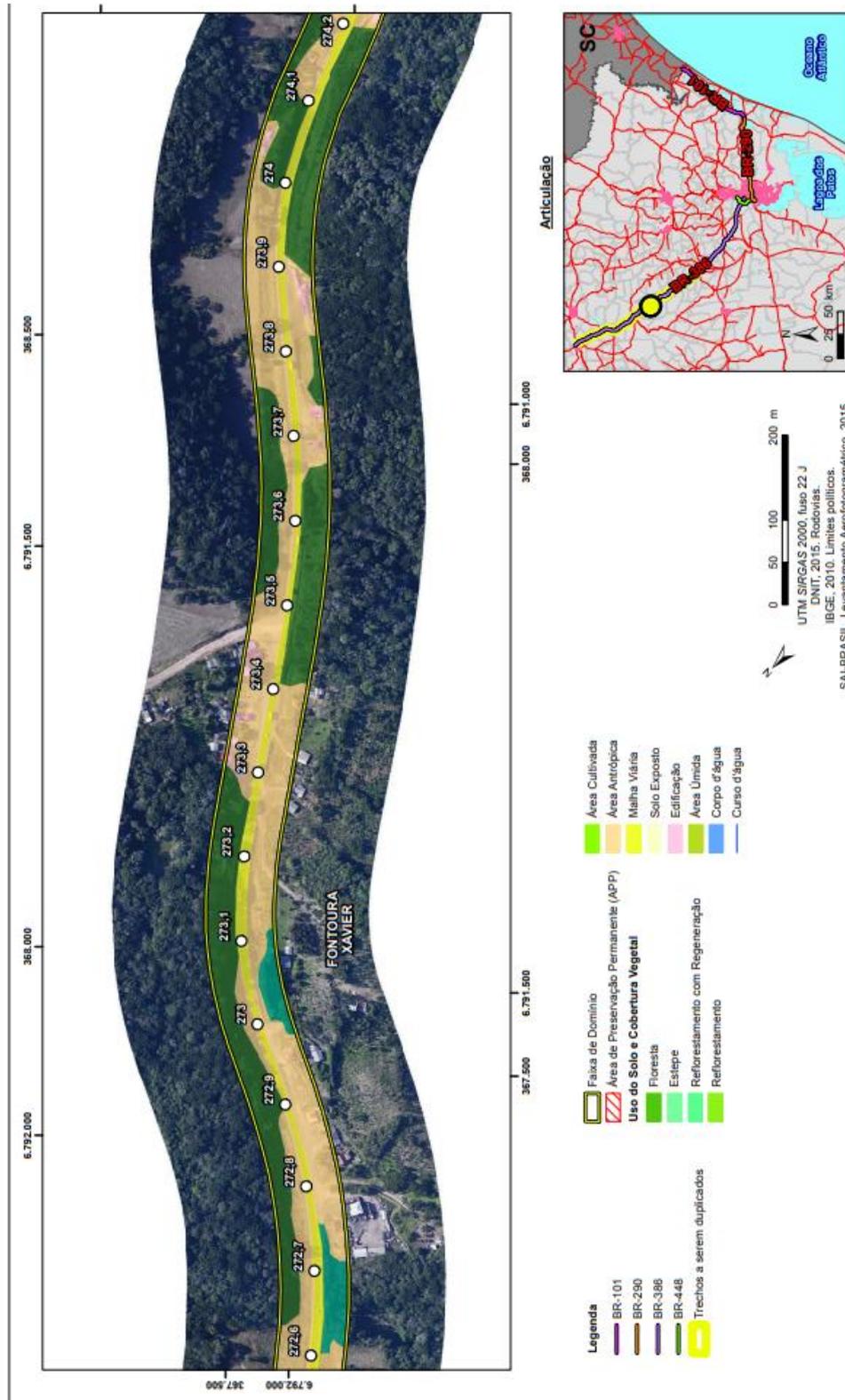


Figura A-1: Imagem área das ocupações do leilão da Concessão da BR-101/290/448/386/RS
Fonte: ANTT (2019).

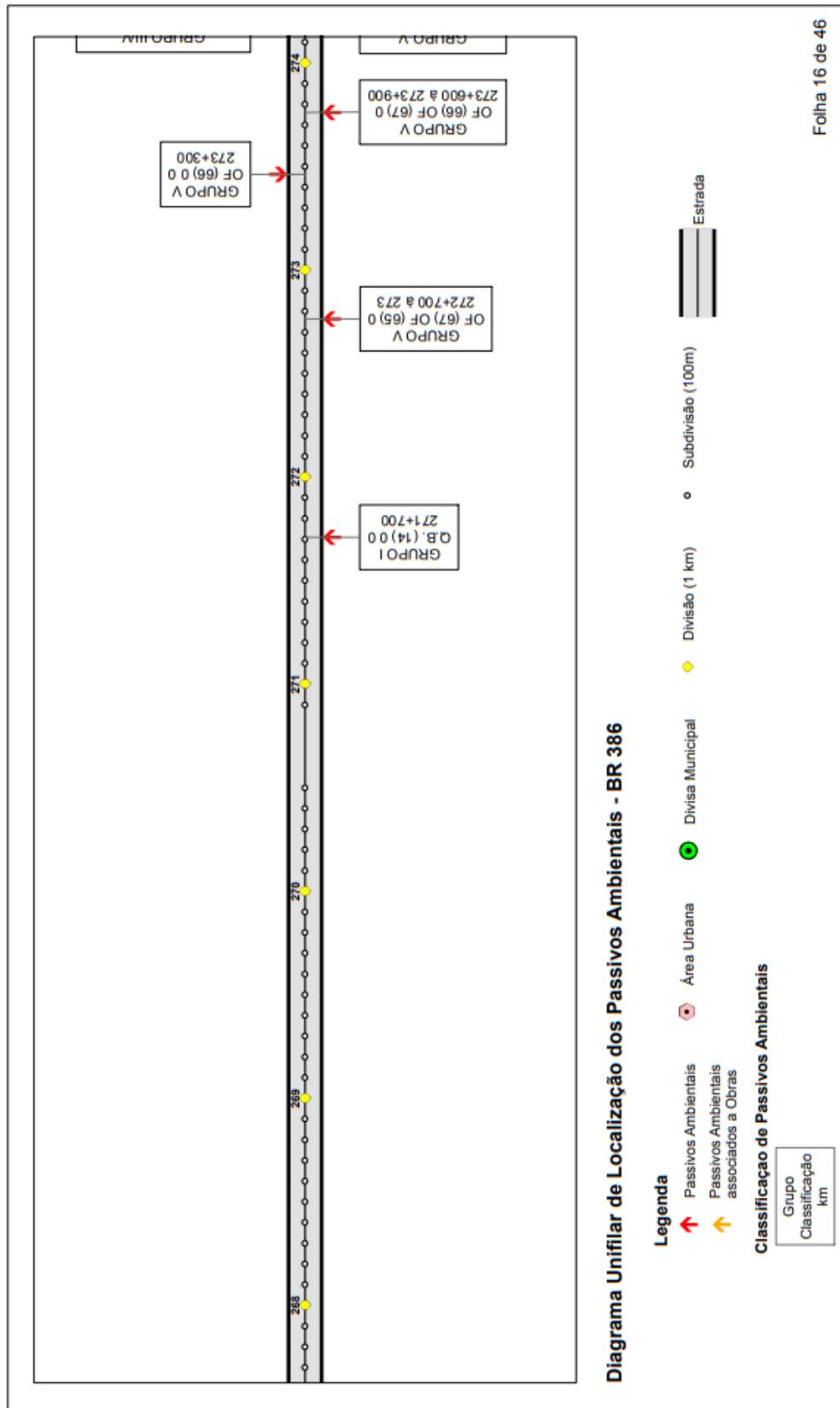


Figura A-2: Diagrama linear das ocupações do leilão da Concessão da BR-101/290/448/386/RS
Fonte: ANTT (2019).

LEVANTAMENTO DE PASSIVO AMBIENTAL: LOTE 11 BR - 386	
GRUPO V - OCUPAÇÃO DA FAIXA DE DOMÍNIO / ACESSOS IRREGULARES	
DISCRIMINAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO PROBLEMA:	OF (67) OF (65)
LOCALIZAÇÃO: P152 e P153	NÚM. FOTO: 5007 até 5009
Km	272+700 à 273
Lado	D
COORDENADAS:	
Latit.	6791843,702
Longit.	367543,59
CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA:	
DIMENSÕES (m):	
Comprimento:	270
Largura:	35
Altura:	-
INTERFERÊNCIA COM O CORPO ESTRADAL:	
Pista de Rolamento	
Acostamento	
Sistema de Drenagem	
Talude de Aterro	
Talude de Corte	
Área remanescente de Faixa de Domínio	X
Estabelecimentos comerciais dentro da faixa de domínio.	
GRAVIDADE	
Gravidade Interna (em relação a pista de rolamento)	Gravidade Externa (em relação às áreas adjacentes)
(00) Sem perigo	(00) Sem perigo
(01) Potencial para oferecer perigo	(01) Potencial para oferecer perigo
(02) Com perigo iminente	(02) Com perigo iminente
(03) Já interferente com o perigo	(03) Já interferente com o perigo
SOLUÇÃO PROPOSTA	
SOLUÇÃO:	
Adequação da faixa de domínio ou realocação/remoção das estruturas irregularmente posicionadas.	
QUANTITATIVOS:	



COMENTÁRIOS:

Figura A-3: Descrição das ocupações do leilão da Concessão da BR-101/290/448/386/RS
Fonte: ANTT (2019).

APÊNDICE B – GRÁFICOS DE OCUPAÇÕES *VERSUS* ACIDENTES *VERSUS* VELOCIDADE

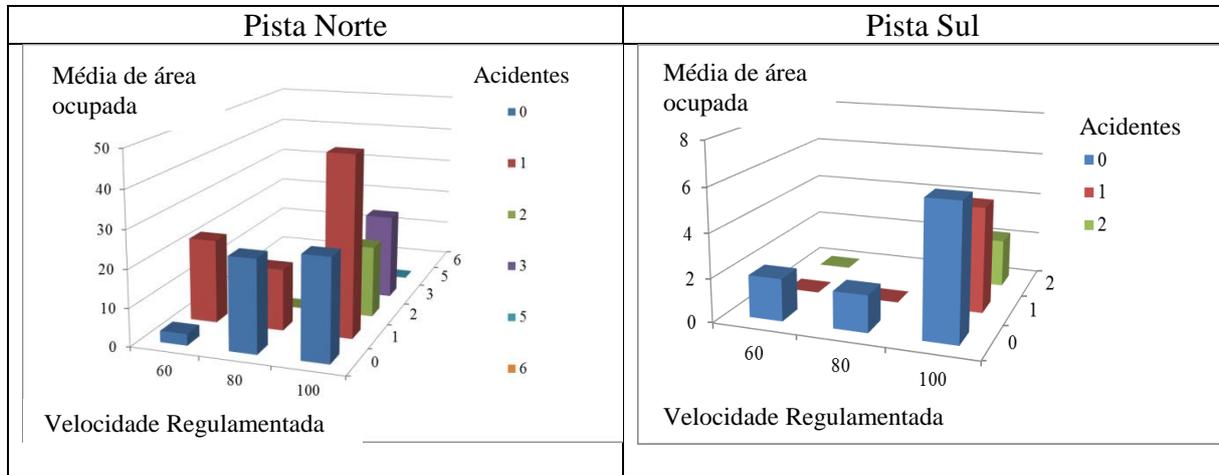


Figura B-1: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 15.000 a 24.999

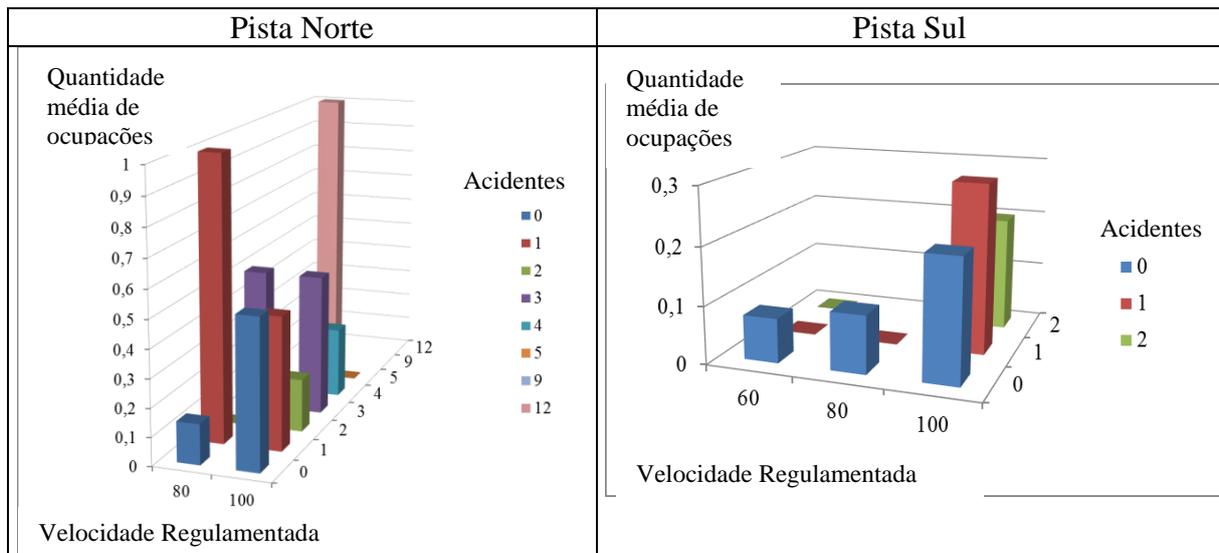


Figura B-2: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 15.000 a 24.999

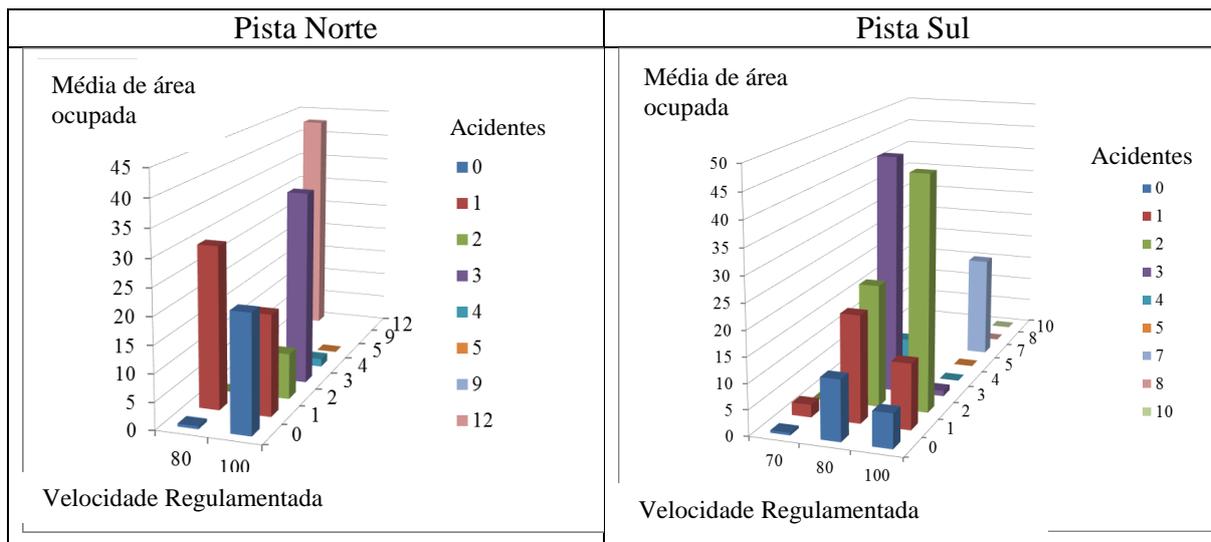


Figura B-3: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 25.000 a 34.999

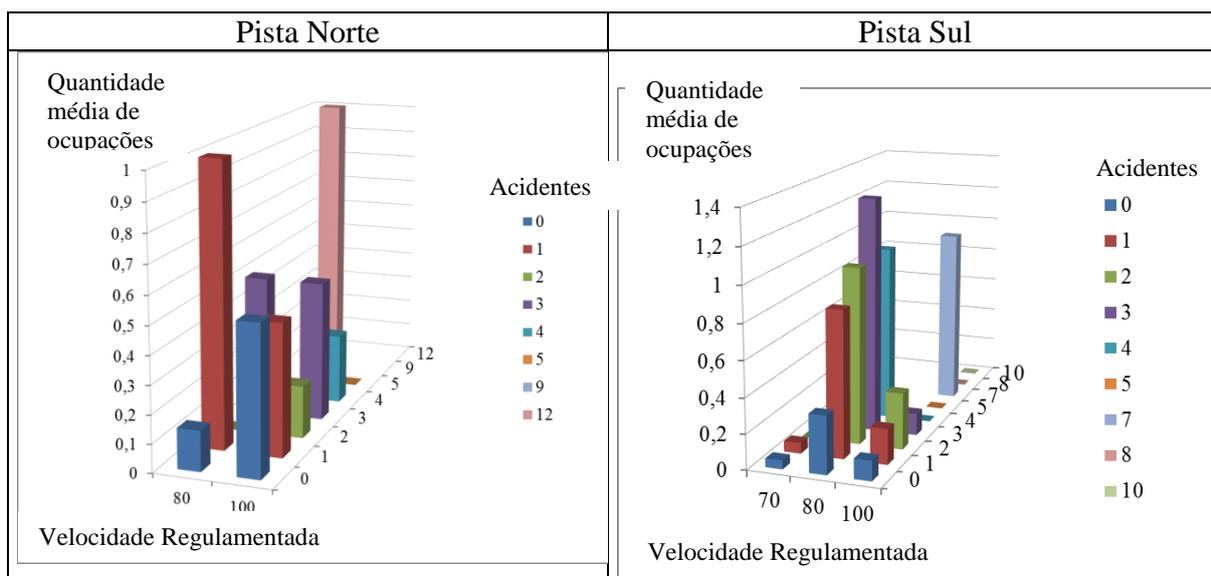


Figura B-4: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 25.000 a 34.999

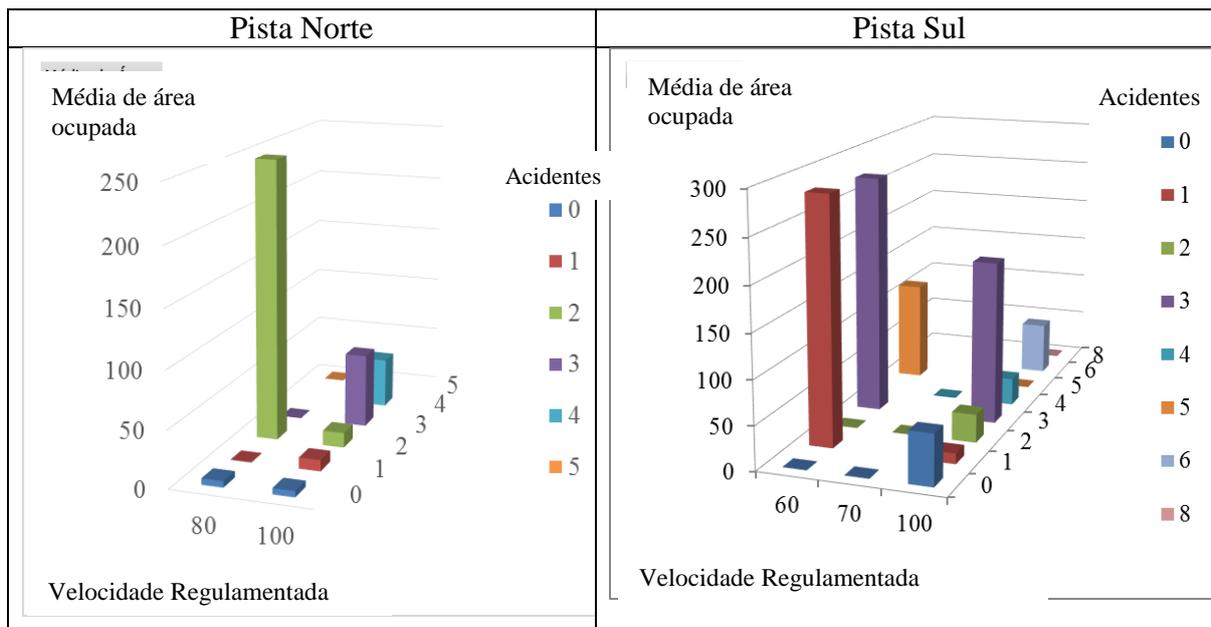


Figura B-5: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 35.000 a 44.999

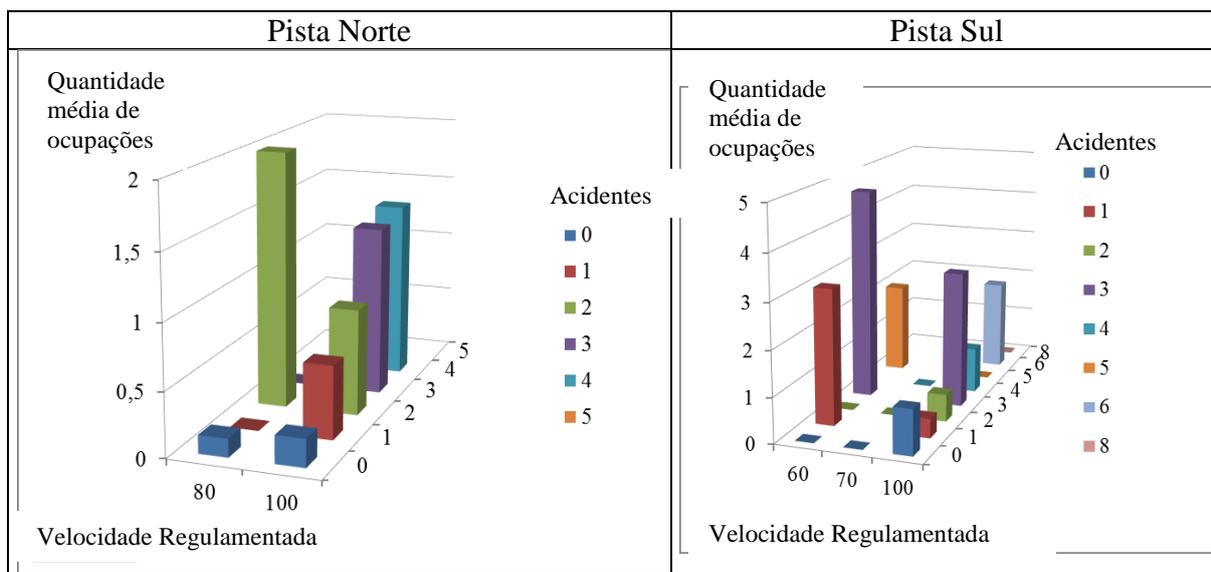


Figura B-6: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 35.000 a 44.999

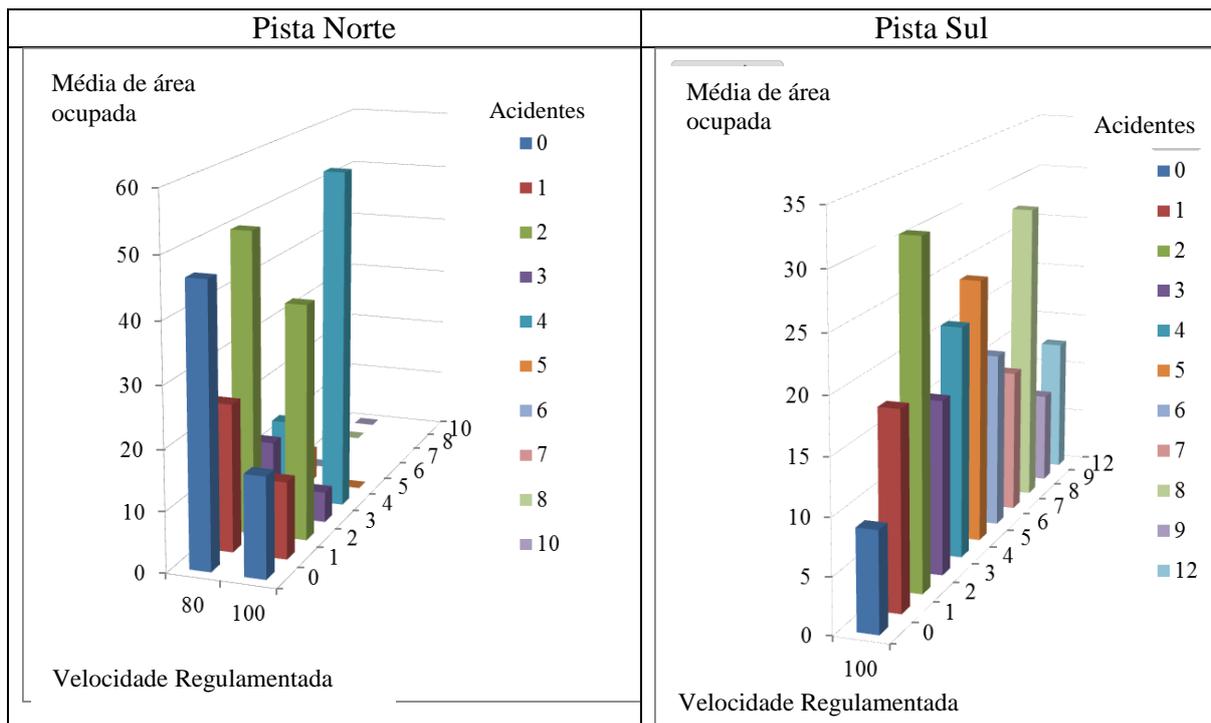


Figura B-7: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 45.000 a 54.999

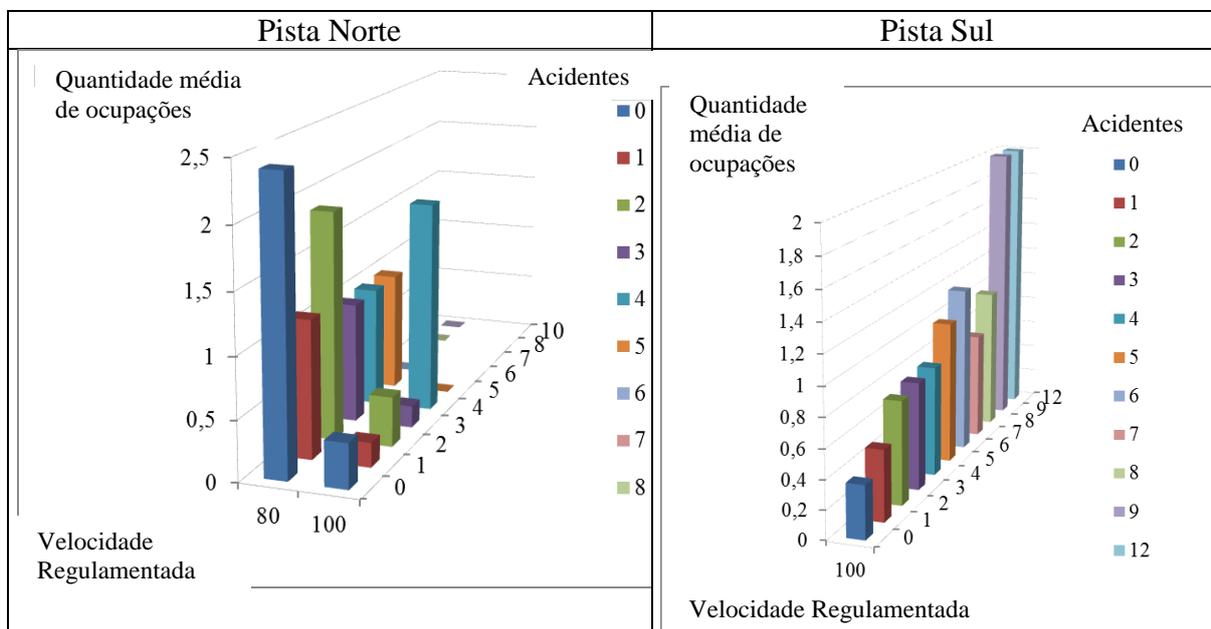


Figura B-8: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 45.000 a 54.999

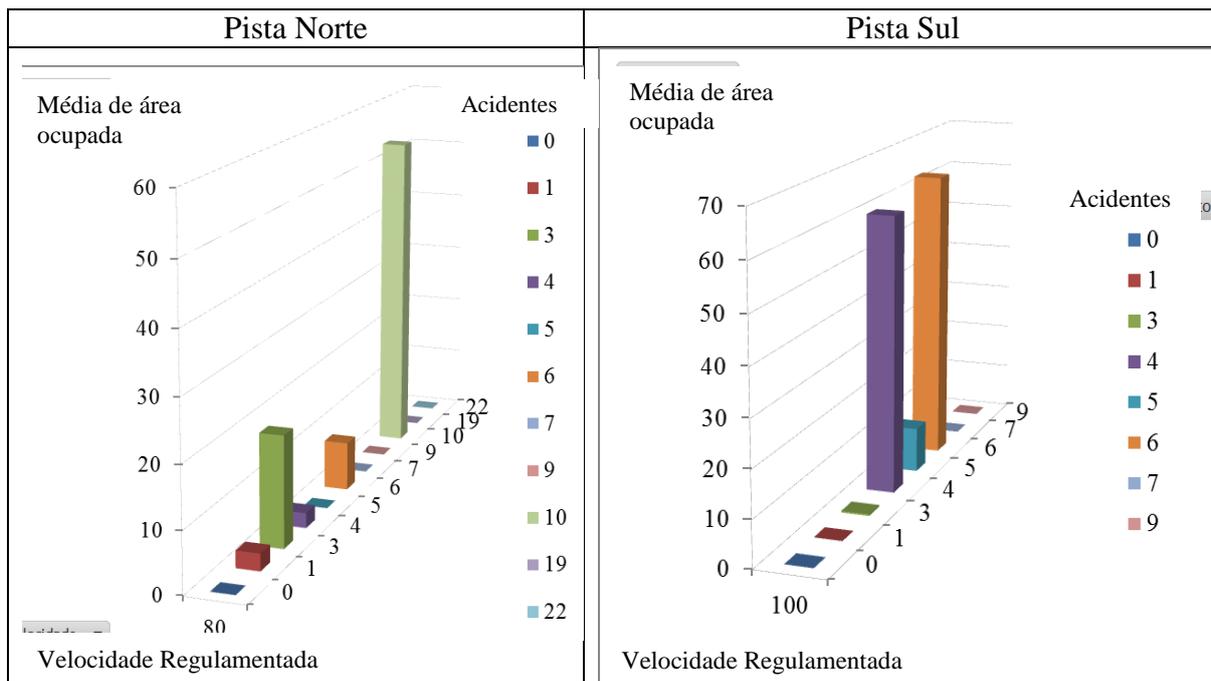


Figura B-9: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 55.000 a 64.999

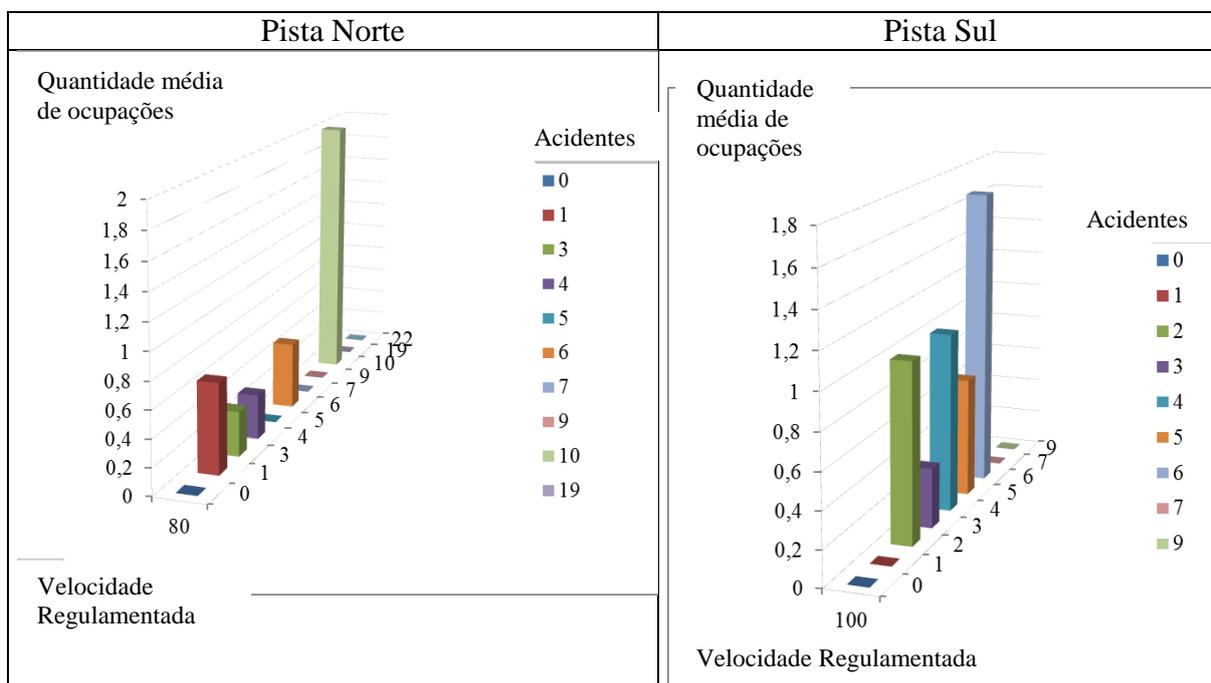


Figura B-10: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 55.000 a 64.999

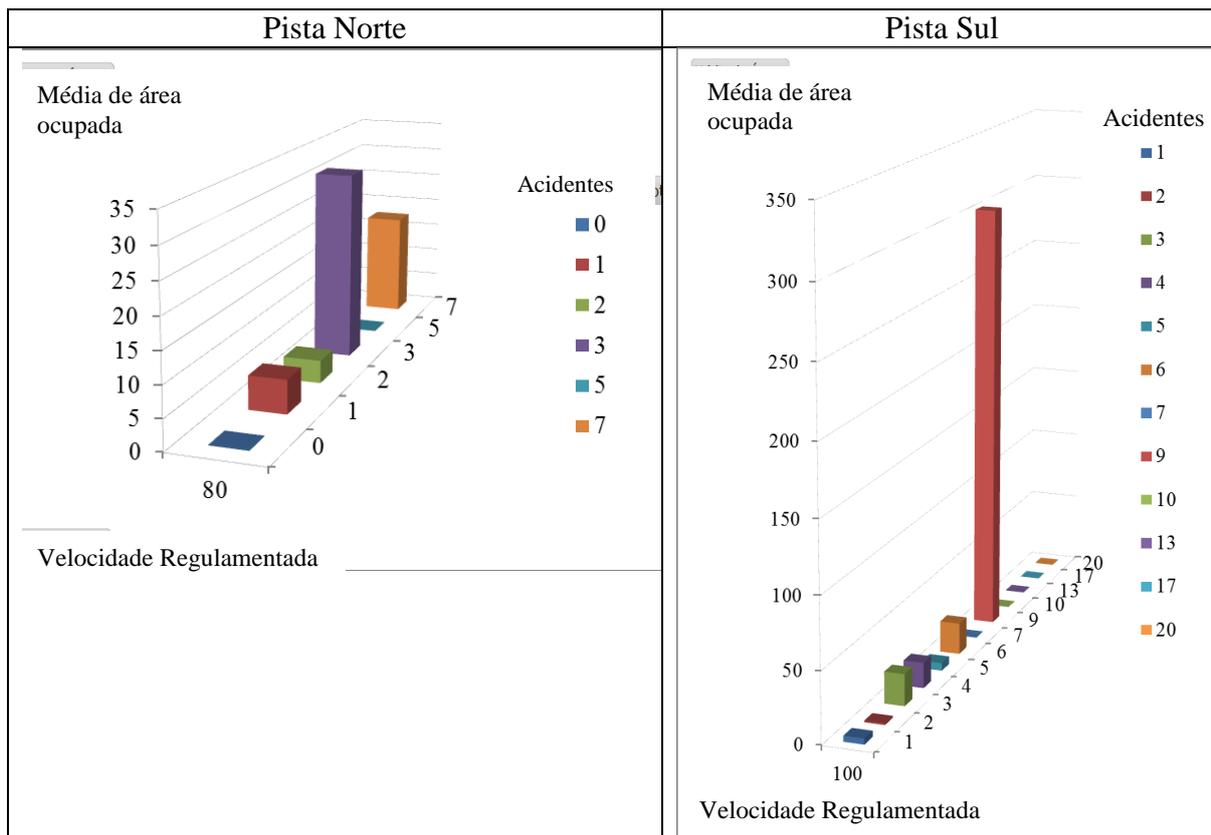


Figura B-11: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de área ocupada x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 65.000 a 74.999

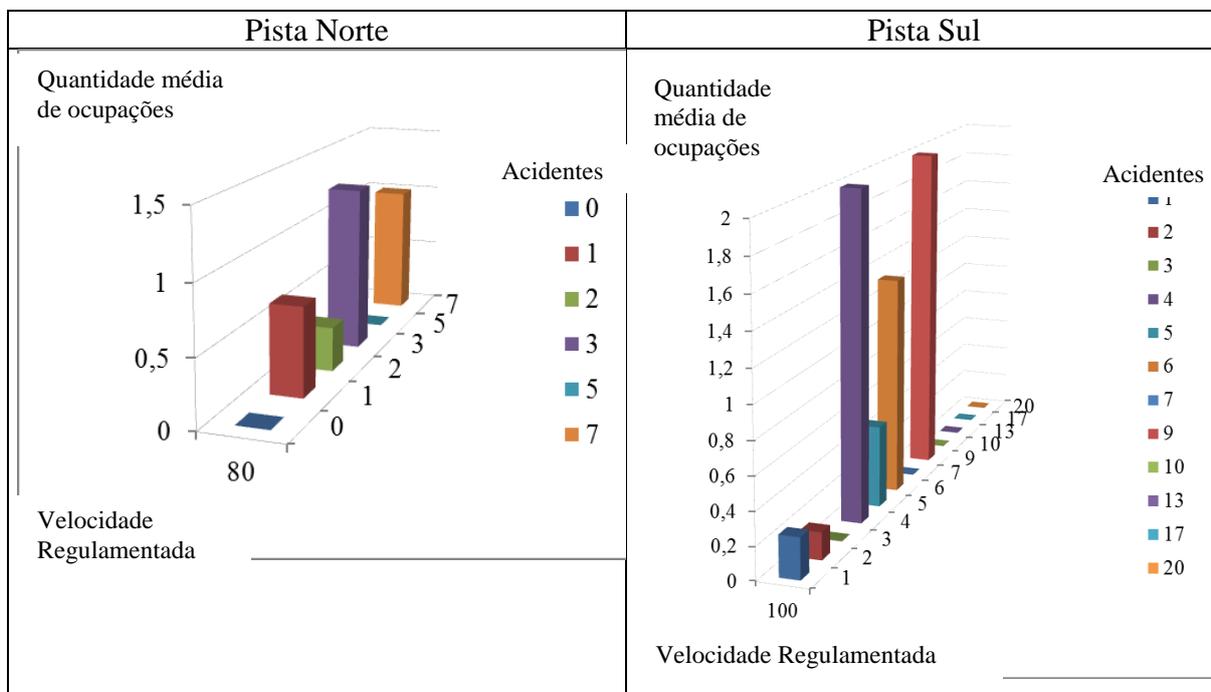


Figura B-12: Gráficos Velocidade Regulamentada x Média de quantidade de ocupações x Número de acidentes para o intervalo de VMDA de 65.000 a 74.999