

Caracterização de acidentes rodoviários e as ações governamentais para a redução de mortes e lesões no trânsito



Um estudo de dados da rodovia BR-101 no período de 2014 a 2016



Lilian Campos Soares

Empresa de Planejamento e Logística, Secretaria-Geral da Presidência da República, Presidência da República, Brasil

Hércules Antônio do Prado

Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília, Brasil

Remis Balaniuk

Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília, Brasil

Edilson Ferneda

Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília, Brasil

Adriano De Bortoli

Programa de Pós-Graduação em Transportes, Universidade de Brasília, Brasil

Recebido: 10 de febrero de 2018. Aceptado: 5 de abril de 2018.

Resumo

Este estudo pretende identificar os principais fatores contribuintes dos acidentes e relatar ações governamentais para a redução de mortes e lesões no trânsito. A caracterização dos acidentes de trânsito registrados na base de dados do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF) é realizada empregando métodos numéricos e estatísticos, com amostra de dados entre os anos de 2014 e 2016 e considerando a rodovia federal BR-101, a qual apresentou o mais alto volume de tráfego registrado no período segundo dados disponibilizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Para auxiliar na identificação dos fatores contribuintes dos acidentes rodoviários, foi feito uso do processo de descoberta de conhecimento em banco de dados,

Palavras-chave

Acidente
Trânsito
Rodovia
BR-101
Mineração de dados

com a técnica de mineração de dados e o algoritmo *Apriori*. Observou-se redução na quantidade dos acidentes em 2016 com relação à 2014; possivelmente relacionada à intensificação das operações de fiscalização rodoviária da PRF e às recentes campanhas educativas junto aos usuários do sistema de trânsito. A maior parte das causas identificadas dos acidentes apresentou relação com o comportamento de quem conduz o veículo (velocidade incompatível, falta de atenção, não guardar distância de segurança, desobediência a sinalização, dormindo, ingestão de álcool e ultrapassagem indevida).

Characterization of road accidents and governmental actions for the reduction of deaths and injuries in transit. A data study of the BR-101 highway in the period from 2014 to 2016

Abstract

This study aims to identify the main contributing factors of accidents and to report on government actions to reduce road deaths and injuries. The characterization of traffic accidents recorded in the Federal Highway Police Department (PRF) database is performed using numerical and statistical methods, with data sample between 2014 and 2016 and considering the federal highway BR-101, which had the highest volume of traffic recorded in the period, according to data provided by the National Department of Transport Infrastructure (DNIT). In order to assist in the identification of the contributing factors of road accidents, it was made use of the knowledge discovery process in database, with the data mining technique and the *Apriori* algorithm. There was a reduction in the number of accidents in 2016 compared to 2014; possibly related to the intensification of PRF road inspection operations and recent educational campaigns among users of the transit system. Most of the identified causes of accidents were related to the behavior of the person driving the vehicle (incompatible speed, lack of attention, lack of safe distance, signaling disobedience, sleeping, alcohol intake and undue overrun).

Keywords

Accident
Traffic
Highway
BR-101
Data mining

Palabras clave

Accidente
Tránsito
Carretera
BR-101
Minería de datos

Introdução

De acordo com dados divulgados pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL, 2016) quanto ao panorama 2015 de transporte inter-regional de cargas no Brasil, o modal rodoviário continua com a maior participação na matriz de transportes brasileira, mantendo patamares históricos acima dos 60%. Segundo informações da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2016), o modal rodoviário é predominante na matriz de transporte de passageiros com participação de 95%.

Portanto, sendo a principal alternativa de movimentação de carga e passageiros do País, o modo rodoviário é usado para deslocamentos tanto em distâncias curtas e médias quanto para viagens longas. Desta maneira, é cada vez mais importante dotar o País de uma malha rodoviária em condições adequadas de utilização. Dados da CNT (2016) apontam que a densidade de malha rodoviária pavimentada do Brasil é pequena quando comparada com países de dimensão territorial semelhante e indicam que parte das rodovias pavimentadas apresenta condições inadequadas para o tráfego de passageiros e carga.

Em um cenário de uma infraestrutura desfavorável de rodovias – aumento da demanda nas vias, ritmo crescente da frota de veículos brasileira¹ e o alto volume de tráfego registrado nas estradas (DNIT, 2017a), intensifica-se a disputa entre os usuários do

1. Dados do DENATRAN (2017) indicam que de 2006 a 2016 a frota de veículos no Brasil aumentou em aproximadamente 107%.

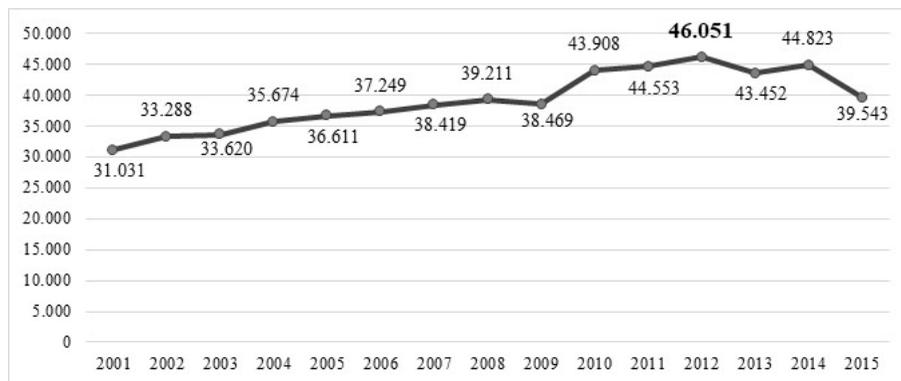


Figura 1. Óbitos por ocorrência e ano do óbito (Org. Autores). Fonte: DATASUS, 2017.

sistema de trânsito pelo espaço físico e das “necessidades e interesses diversos a partir da mobilidade” (Macêdo, 2006), o que pode implicar em um maior número de acidentes e em mais mortes e lesões no trânsito.

Conforme dados disponibilizados pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS, 2017), no período de 2001 a 2015, foram um total de 585.902 óbitos registrados pelo grupo de acidentes de transporte da décima revisão da “Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde” (CID-10) e, conforme Figura 1, o ano de 2012 apresentou a maior quantidade de óbitos registrados (46.051 óbitos).

Para o IPEA (2015b), grande parte desses óbitos ocorre nas rodovias federais. Em relação ao período considerado para este estudo (2014 a 2016), a base de dados dos Boletins de Ocorrência do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF) possui registro de 387.717 acidentes, dos quais 17.744 acidentes tiveram vítimas fatais. Na amostra, foram contabilizados 21.498 mortos e 70.167 feridos graves (PRF, 2017a).

Historicamente, a Organização Mundial da Saúde (OMS) monitora as ocorrências de acidentes de trânsito no mundo. Vítimas dos acidentes de trânsito, mais de 1,2 milhão de pessoas morrem ao ano em todo o mundo – enquanto o total de mortos ao ano estabilizou, o número de feridos em acidentes de trânsito vem aumentando e registrou patamares de 50 milhões de feridos em 2013. Os acidentes de trânsito respondem como a primeira causa de mortes na faixa etária dos jovens entre 15 e 29 anos. Do total de óbitos, pelo menos 90% são provenientes de países de baixa e média renda, o que inclui o Brasil (OMS, 2015b).

Com base na experiência acumulada, incluindo os acidentes que ocorrem em rodovias, os acidentes de trânsito resultam de vários fatores, como o desenvolvimento urbano descontrolado no entorno da rodovia (as chamadas travessias urbanas), condições inadequadas de engenharia de tráfego, comportamento inadequado por parte de quem conduz veículos e de pedestres, condições inadequadas da frota de veículos e condições meteorológicas desfavoráveis (IPEA, 2008).

Conforme texto do IPEA (2008), “não existe uma caracterização sistemática e completa das situações que resultam nos acidentes” em rodovias federais. Para adequadamente orientar uma política pública de segurança viária, são necessários dados com a tipificação dos acidentes, a localidade da ocorrência e das circunstâncias que ocasionaram o evento do acidente. Conhecendo-se os tipos de lesões e as formas como foram causadas, pode-se reunir elementos para promover intervenções (OPAS, 2012). A OMS (2015a) classificou o Brasil no grupo de países que possuem um bom registro de dados sobre óbitos nos acidentes de trânsito.

Este estudo pretende identificar os principais fatores contribuintes dos acidentes registrados na base de dados da PRF, referentes à rodovia federal BR-101, no período de 2014 a 2016, e relatar ações governamentais para a redução de mortes e lesões no trânsito. Tomando por base o quadro alarmante da acidentalidade de trânsito no Brasil, a hipótese que será verificada é de que a negligência humana é causa decisiva para os acidentes de trânsito.

Para auxiliar na identificação dos fatores contribuintes dos acidentes rodoviários em segmentos rodoviários, será feito uso da descoberta de conhecimento em banco de dados (*Knowledge Discovery in Database – KDD*), com a técnica de mineração de dados e o algoritmo *Apriori* pela ferramenta livre Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA). Esta ferramenta foi desenvolvida pela Universidade de Waikato na Nova Zelândia, sendo de domínio público e código aberto (WAIKATO, 2000).

Espera-se que este artigo possa contribuir com a revisão de literatura e a de metodologia de pesquisa para casos semelhantes, além de obter uma caracterização dos acidentes a servir de base para o desenvolvimento de estudos sobre segurança viária.

Revisão de literatura

Instituído pela Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) considera como trânsito “a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga” e define que o trânsito, em condições seguras, “é um direito de todos e dever dos órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito, a estes cabendo, no âmbito das respectivas competências, adotar as medidas destinadas a assegurar esse direito” (BRASIL, 1997).

Sob o ponto de vista social, Vasconcelos (1985:19) define o trânsito como “uma disputa pelo espaço físico, que reflete uma disputa pelo tempo e pelo acesso aos equipamentos urbanos – é uma negociação permanente do espaço, coletiva e conflituosa. E essa negociação, dadas as características de nossa sociedade, não se dá entre pessoas iguais: a disputa pelo espaço tem uma base ideológica e política; depende de como as pessoas se veem na sociedade e de seu acesso real ao poder”.

Analisando as definições de “trânsito”, tanto a do CTB (BRASIL, 1997), quanto a de Vasconcelos (1985), percebe-se que a utilização das vias leva à disputa por espaço, tempo e meio, exigindo um tratamento que aborde as interações entre os elementos que compõem o sistema de trânsito – pessoa, veículo e via – e que o equilíbrio para garantir o trânsito seguro deve ser proporcionado pelo desenvolvimento das áreas da engenharia (*engineering*), fiscalização (*enforcement*) e educação (*education*), formando o trinômio ou tripé do trânsito organizado (os “3Es”, como comumente conhecido na língua inglesa) (Silva, 2014; Aguilera et al., 2014).

Considerando, então, o trinômio do trânsito, Honorato (2009) define a engenharia de trânsito como a “responsável pela segurança, fluidez do tráfego e evolução tecnológica dos veículos”, enquanto que a educação para o trânsito traz os “aspectos pedagógicos e psicológicos, cuja finalidade é criar uma geração de usuários conscientes da necessidade de adotar comportamentos mais seguros nas vias terrestres” e, por fim, a fiscalização de trânsito é considerada como “o conjunto de esforços direcionados à realização do trânsito em condições seguras”.

Segundo Lemes (2002), em grande parte, os problemas do trânsito são de ordem comportamental – “o trânsito é o típico sistema onde se tenta controlar o comportamento

através de regras” – e os acidentes de trânsito são provocados direta ou indiretamente pelo ser humano. Nesse sentido, Akishino (2004) relacionou os fatores que contribuem para os acidentes de trânsito, também identificando fatores ligados ao comportamento humano, conforme resumo no Quadro 1.

Quadro 1. Fatores que contribuem para os acidentes de trânsito (Org. Autores). Fonte: Akishino, 2004.

Fator	Descrição
Humano	Fatores ligados ao comportamento das pessoas envolvidas no acidente
Veículo	Fatores que se referem às inadequações no estado operacional dos veículos envolvidos no acidente
Via/ Meio ambiente	Fatores ligados diretamente às características da via, da sinalização e das áreas próximas à via, na hora do acidente
Institucional/ Social	Fatores relacionados à regulamentação e ao policiamento (fiscalização)

Embora o termo *accidente* possa dar a “impressão, provavelmente não intencional, de inevitabilidade e imprevisibilidade – um evento que não pode ser gerenciado” (OMS, 2004a), não é esse o caso para os acidentes de trânsito, já que os mesmos são passíveis de investigação, análise e promoção de ações preventivas. Em seu relatório mundial sobre prevenção de lesões causadas pelo trânsito, a OMS (2004a) preferiu adotar o termo “*crash*” ao invés de “*accident*” para denotar um evento, ou uma série de eventos, passível de uma análise racional e de remediação.

No relatório executivo sobre os impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras, o IPEA (2006) adota a definição de que acidente é “um evento independente do desejo do homem, causado por uma força externa, alheia, que atua subitamente (de forma inesperada) e deixa ferimentos no corpo e na mente”. A CID-10 (DATASUS, 2008) emprega a definição de acidente de trânsito como “todo acidente com veículo ocorrido na via pública”.

De forma mais abrangente, na norma NBR 10697:1989, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989) apresenta a definição de que o acidente de trânsito é um evento não premeditado de que resulta dano em veículo ou na sua carga e ou lesões em pessoas e ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público e que pode originar, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública.

De acordo com o CTB (BRASIL, 1997), a segurança e a prevenção de acidentes nas rodovias federais são de obrigação das autoridades gestoras e das operadoras de trânsito e transporte, como o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), vinculado ao Ministério das Cidades, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), vinculado ao Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA), e da PRF, vinculada ao Ministério da Justiça (MJ); além dos Departamentos de Estradas de Rodagens (DER) e Departamentos Estaduais de Trânsito (DETRANs) (IPEA, 2006).

Dados do IPEA (2015b) indicam que a fiscalização da PRF atinge cerca de 71 mil quilômetros da malha rodoviária brasileira. A PRF é responsável pelo registro de todos os acidentes que ocorrem na malha federal, classificando-os como: acidentes com vítimas fatais (onde há pelo menos um morto), acidentes com vítimas feridas (acidentes sem mortos, mas com pelo menos uma vítima ferida) ou acidentes sem vítimas (onde todos os envolvidos saíram ilesos). Apesar dos vários fatores que podem envolver um

acidente, os registros realizados pela PRF somente identificam um só fator contribuinte, categorizado como o principal fator de cada acidente e que, na maioria dos registros, se refere ao comportamento inadequado por parte dos usuários do transporte (IPEA, 2008; PRF, 2017a).

Alguns fatores vêm contribuindo para o aumento da gravidade das ocorrências dos acidentes de trânsito, como consumo do álcool ou de entorpecentes e o excesso de velocidade. A velocidade do veículo possui relação direta com a gravidade de um acidente – quanto maior a velocidade, menor é o tempo para reação, mais forte o impacto. Nesta linha, Cruz (2013) afirma que “a conduta humana é o principal vetor das tragédias”.

Conforme a gravidade do acidente, a vida do ser humano é afetada em virtude de sequelas físicas, incapacitando-o para realização de atividades, e psicológicas, como o medo. Os acidentes de trânsito geram impactos para a vítima em si, seus familiares, a sociedade e o governo. Milhões de pessoas no mundo são afetadas pelos acidentes, pelas mortes, lesões ou incapacitação, sendo impossível estabelecer um valor para o sofrimento humano e representar o custo social global dos acidentes e lesões que são causadas pelo trânsito (OPAS, 2012).

No caso das rodovias brasileiras, um relatório executivo do IPEA definiu uma função de custos para estimativa dos impactos econômicos dos acidentes, sendo composta por quatro grupos de custos, a saber: pessoas, veículos, via/meio ambiente onde ocorre o acidente e instituições públicas envolvidas com o acidente. Com base em preços de dezembro de 2005, para uma amostra de acidentes (jul/04 a jun/05), com 3,7% de erro, para mais ou para menos, o custo total estimado dos acidentes nas rodovias federais foi de cerca de 6,5 bilhões de reais, sendo o custo médio para cada acidente com fatalidade de R\$ 418.341,00. Se no custo total estimado forem também consideradas as rodovias estaduais e municipais, o valor passa para R\$ 22 bilhões. (IPEA, 2006).

Em um relatório de pesquisa de 2015, o IPEA aplicou a mesma função de custos para estimar os impactos econômicos em amostra de acidentes referente ao ano de 2014 e o custo total estimado dos acidentes nas rodovias federais passou para 12,8 bilhões de reais, quase o dobro do custo total estimado dos acidentes de 2004/2005 realizado em estudo anterior. Ainda, para efeitos de comparação, o custo médio para acidentes com fatalidade passou para R\$ 664.821,46. Se no custo total estimado forem também consideradas as rodovias estaduais e municipais, e, ainda, as áreas urbanas, o valor passa para R\$ 56,2 bilhões. (IPEA, 2015a).

Com uma estrutura analítica e desenvolvida para análise de alocação de recursos, identificação de estratégias e planejamento, a Matriz de Haddon (Haddon, 1980) permite identificar fatores de risco na interação dos três elementos do trânsito (pessoa, veículo e via) nos três estágios da colisão de veículos: o antes da colisão, a colisão em si e o após a colisão, conforme Quadro 2. De acordo com a OPAS (2011), evidências mostram, por meio de uma abordagem sistêmica, ser possível perceber oportunidades de intervenção e atuar visando promover a redução de lesões causadas pelos acidentes de trânsito.

Quadro 2. Matriz de Haddon (Org. Autores). Fonte: adaptado pela OPAS, 2011.

Fase		Fatores		
		Humano	Veículo e equipamentos	Ambiente
Antes da colisão	Prevenção da colisão	Informações Atitudes Condição debilitada Aplicação da lei	Condições mecânicas Luzes Freios Direção Controle de velocidade	Projetos das vias Limites de velocidade Elementos de segurança para pedestres
Colisão	Prevenção de lesões durante a colisão	Uso de dispositivos de retenção Condição debilitada	Cintos de segurança Outros dispositivos de segurança Design com proteção a impactos	Elementos de proteção ao longo das vias
Após a colisão	Preservação da vida	Noções de primeiros socorros Acesso à atenção médica	Facilidade de acesso Risco de incêndio	Facilidade para o resgate Congestionamento

Em relatório do DATASUS (2009), descreve-se “causa” como a “combinação de circunstâncias necessárias para produzir um resultado” e “cada circunstância é conhecida como fator da causa”. Em geral, como cada circunstância por si só não é capaz de produzir o efeito, seriam necessários vários fatores ou circunstâncias presentes para produzir um resultado, no caso em estudo, a ocorrência de um acidente de trânsito.

Coelho (1999) indica que a ocorrência de um acidente de trânsito seria em virtude da falha na interação de um ou mais elementos que o compõe (pessoa, veículo e via), denominando-os como fatores de contribuição para os acidentes, e da premissa de que pelo menos um destes elementos esteja em movimento. Desta maneira, para o entendimento dos principais fatores dos acidentes de trânsito, precisa-se, antes, conhecer os elementos que compõem o sistema de trânsito, entendê-los e estudar suas interações.

Do ponto vista social, Oliveira (2008) considera que os acidentes de trânsito são frequentes, e, do ponto de vista científico, aleatórios no tempo e no espaço; e que, para a sua investigação, é necessário conhecer o mecanismo da ocorrência – as características e a natureza do evento de acidente – e depois estudá-lo. Alguns autores, como Elvik et al. (2009), entendem que se as variáveis envolvidas em um acidente de trânsito pudessem ser previstas ou antecipadas, o evento do acidente poderia ser evitado.

O IPEA (2008) desenvolveu uma “metodologia para identificação de fatores contribuintes aos acidentes que poderiam ser reduzidos ou eliminados, diretamente sob o controle da entidade gestora da rodovia, implicando diminuição de vítimas feridas e mortas”. A análise partiu do banco de dados (BD) das ocorrências da PRF, identificando locais ou trechos com concentração das ocorrências dos acidentes com vítimas fatais e feridos. Aliado a isto, foram realizadas vistorias em campo nos trechos identificados, detectando problemas de engenharia de tráfego.

Em 2002, dentro do Programa de Redução de Acidentes (PARE), o MTPA lançou um manual para tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito nas vias rodoviárias, classificados de acordo com a sua extensão ou abrangência (local, segmento, área). Um local crítico é aquele que em comparação a um critério estabelecido apresenta “padrões de acidentes iguais ou superiores à referência indicada”. Os locais mais críticos entre os críticos são denominados de “pontos negros” (MTPA, 2002). A identificação de locais críticos ou de padrão anormal está baseada no fato de que, apesar de “ampla distribuição espacial”, os acidentes tendem a uma agregação em determinados locais (Góes, 1983).

Gold (1998) considera local crítico aquele com maior incidência de acidentes de trânsito, contudo indica a importância de se entender seu grau ou o nível de periculosidade, ou seja, a probabilidade de um veículo ou pedestre sofrer um acidente nesse local. Coelho (1999) defende que para considerar um local como crítico, devem-se levar em conta diversos parâmetros, como características dos locais, índice dos acidentes do local frente ao índice de toda rodovia, volume de tráfego e extensão do trecho.

O MTPA (2002) sugere a definição de segmentos críticos como “extensões de vias urbanas ou de rodovias onde ocorrem frequências elevadas de acidentes”. De acordo com o DNIT (2006), na identificação de segmentos críticos de uma rodovia, os procedimentos estão divididos em dois grupos: “a posteriori”, que requerem o emprego dos registros de acidentes ocorridos em um período, podendo utilizar dados de volume de tráfego e empregando métodos numéricos; e “a priori”, que se baseiam em fatores supostamente relacionados à ocorrência dos acidentes.

Para o DNIT (2009a), a efetividade da identificação dos segmentos críticos depende da qualidade do registro e a disponibilidade dos dados dos acidentes de trânsito. Esse registro e a consequente coleta do dado se dão “quando o atendimento é feito no local do acidente, em caso de óbito ou feridos, ou quando há envolvimento de veículos oficiais”, quando “as informações são consignadas por policiais em um documento denominado Boletim de Ocorrência – BO” ou “quando não há atendimento no local do acidente”, ocasião em que “as partes interessadas, os envolvidos ou seus prepostos na maioria das vezes, para atender a exigências contratuais com seguradoras, registram a ocorrência nas delegacias especializadas, sendo lavrado o Registro de Ocorrência – RO”.

O DENATRAN (1987) aborda o fenômeno do “ponto negro” considerando-o como o ponto de mais alto risco e que carece de melhorias. Pode ser mais abrangente e englobar trechos de uma via, sendo então denominado trecho negro. Considera indispensável associar o número de acidentes com algum indicador de volume de tráfego, obtendo taxas que relacionam ocorrências com movimentação de veículos, evitando-se trabalhar com números globais.

Para o estudo de pontos negros, a metodologia do DENATRAN (1987) utiliza um número equivalente de acidentes chamada Unidade-Padrão de Severidade (*UPS*), atribuindo pesos às categorias de acidentes com base em sua gravidade (somente danos materiais, feridos, mortos). Na sequência, o cálculo da taxa de severidade de acidentes de um trecho considera a *UPS*, volume médio diário de veículos, período de estudo e extensão do trecho. Deve-se então calcular a média das taxas de acidentes de todos os trechos e selecionar os locais com taxa superior ou igual à média das taxas, considerando estes como pontos negros.

Ao aplicarem o método da taxa de severidade de acidentes do DENATRAN (1987), Schmitz e Goldner (2012) consideraram “trechos negros” como “segmentos críticos” e, para efeito de comparação, utilizaram o conceito de “segmentos homogêneos”. O DNIT (2010) considera segmentos homogêneos de rodovias como trechos rodoviários que possuem um conjunto de características semelhantes, sendo agrupados por classificações como tipo de pista (simples ou dupla), ocupação da região lindeira (urbana e rural) e curvatura vertical do segmento (plano, ondulado e montanhoso). As combinações deste tipo de classificação geram doze classes de segmentos homogêneos.

Considerando o objetivo deste artigo de caracterizar acidentes de trânsito registrados pela PRF auxiliado por um processo de KDD, será empregada técnica de mineração de dados (*data mining*), por meio da ferramenta WEKA, na tentativa de identificar padrões úteis relacionados aos fatores contribuintes dos acidentes de trânsito.

A mineração de dados pode ser entendida como um conjunto de técnicas estatísticas e de inteligência artificial aplicadas em grandes volumes de dados com o objetivo de descobrir relações e padrões relevantes entre os dados (Silva, 2009). Por meio de um processo, Fayyad et al. (1996) definem o KDD em várias etapas, não triviais, interativas e iterativas, para, a partir de uma base de dados, identificar relacionamentos implícitos entre os dados.

A partir de um domínio de informação, as etapas do KDD envolvem: (i) seleção de dados, criando um conjunto de dados com o foco da descoberta de novos conhecimentos; (ii) pré-processamento dos dados, efetuando limpeza dos dados, ajustes e correções; (iii) transformação de dados, para que sejam armazenados de forma correta para a mineração em si, agregando valor semântico às informações e mitigando o número de variáveis para processamento; (iv) mineração, onde efetivamente são aplicadas as técnicas para a localização de padrões; (v) interpretação e avaliação, onde se avaliam os resultados da mineração, os quais depois podem ser apresentados (Silva e Rover, 2011).

Segundo Reis et al. (2015), as técnicas de mineração compreendem “aplicar algoritmos específicos sobre os dados, na busca da abstração de conhecimentos novos e úteis”. Para este artigo, utilizar-se-á do algoritmo *Apriori* (Agrawal et al., 1993) que implementa regras de associação para determinar relações entre campos ou atributos de um BD transacional. Por exemplo, em uma transação de BD, a regra de associação pode ser expressa por “ $A \Rightarrow B$ ”, onde o atributo A é antecedente e o atributo B é consequente.

Aplicar regras de associação em um BD consiste em definir todas as associações e correlações entre os dados, de maneira que a presença de um conjunto de atributos em uma transação de BD implique na presença de outros atributos (Rud, 2001). Para que uma associação seja considerada como “frequente”, o número de vezes em que a união de um conjunto de atributos ocorre deve ser superior a uma frequência mínima (ou suporte mínimo) estabelecida, em relação ao número total de transações do BD (Reis et al., 2015).

A partir do suporte mínimo, deve ser possível identificar associações que venham a surgir em uma quantidade que se destaque em relação às demais associações existentes. Outro elemento importante, e que expressa a qualidade da regra, é a “confiança”, permitindo verificar se uma associação é válida a partir do número de vezes em que esta associação ocorre em relação ao número de vezes em que um de seus atributos ocorre (um valor de “confiança mínima” é definido pelo usuário na ferramenta de mineração de dados). Verifica-se, então, a ocorrência do antecedente sobre a ocorrência do consequente da regra (Goldschmidt e Passos, 2005).

O algoritmo *Apriori* realiza a construção de regras de associação entre atributos de um BD (Borgelt e Kruse, 2002). O *Apriori* foi proposto com o objetivo de buscar padrões que indiquem relacionamento entre conjuntos de dados. De acordo com Costa et al. (2014), este algoritmo é um dos mais usados em mineração de dados para descoberta de regras de associação, executando diversas leituras na base de dados e sendo capaz de processar muitos atributos, com um bom desempenho em termos de processamento. Ao final, são apresentadas alternativas combinatórias entre os atributos do BD.

Metodologia

Como o estudo visa identificar os principais fatores contribuintes aos acidentes de trânsito, será realizada caracterização das ocorrências de acidentes, empregando métodos numéricos e estatísticos, a partir de amostra de dados referente aos anos de 2014 a 2016

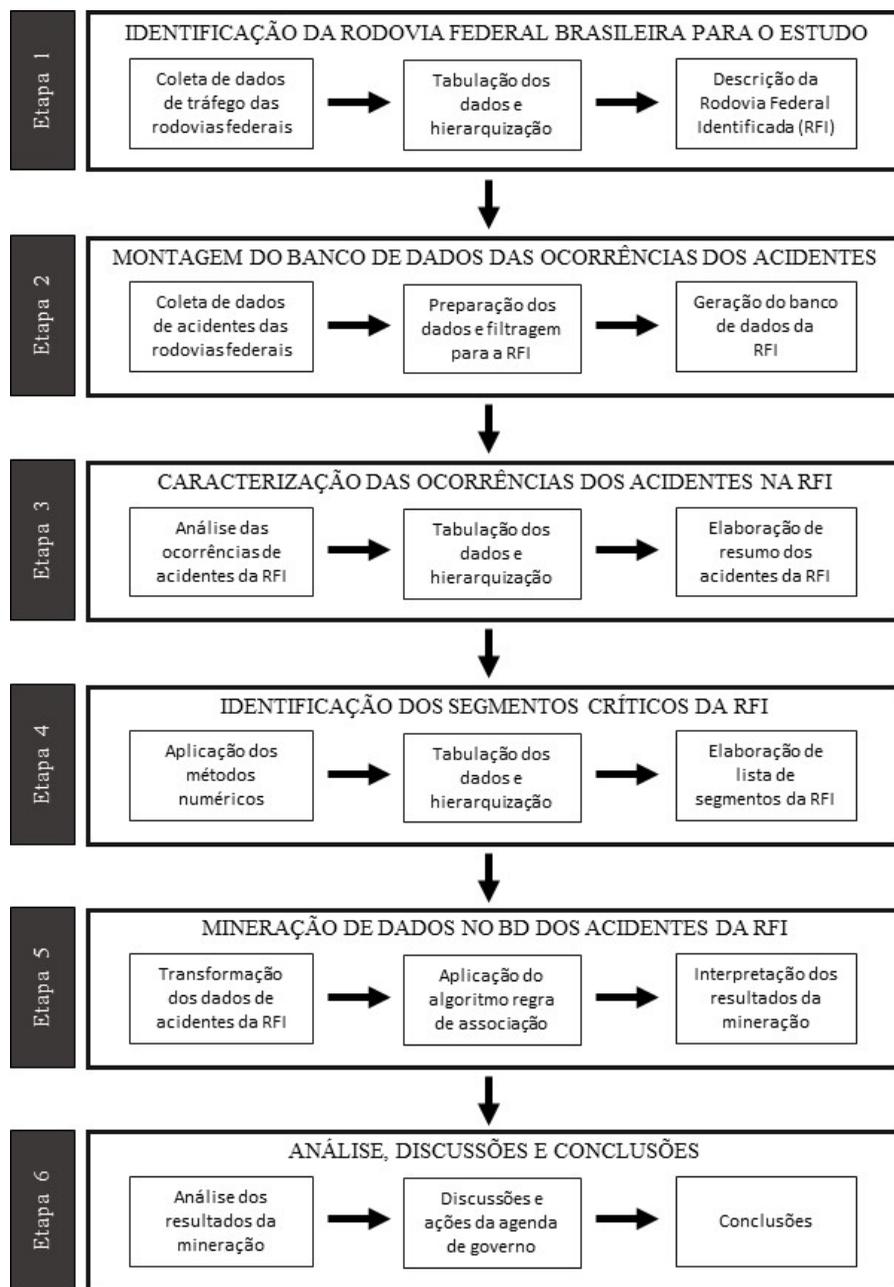


Figura 2. Etapas e procedimentos metodológicos. Fonte: Autores.

produzida pela PRF, tomando-se por base a rodovia federal brasileira que apresentou o mais alto volume de tráfego. As etapas e procedimentos metodológicos adotados neste estudo são apresentados na Figura 2.

Deve-se observar que a escolha dos anos do período deste estudo foi em virtude da operação do Plano Nacional de Controle de Tráfego (PNCT) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o qual desde 2014 implementou pontos de coletas permanentes de tráfego em 320 locais de rodovias federais (DNIT, 2017a).

A coleta de dados do estudo iniciou pelos dados necessários à identificação da rodovia federal brasileira que apresentou o mais alto volume de tráfego entre os anos de 2014 e 2016. Segundo o DNIT (2017a), os locais do PNCT se referem aos trechos mais representativos da malha rodoviária federal nos estados e a contagem de tráfego

permanente está baseada na instalação de equipamento que registra o volume de veículos, contabilizando-o e classificando-o. Na contagem, são medidos parâmetros como peso bruto total, peso por eixo, distância entre eixos e velocidade instantânea do veículo.

Portanto, a primeira coleta de dados contemplou a obtenção da contagem de tráfego a partir de 506 equipamentos instalados pela malha rodoviária federal brasileira, com os seguintes campos de dados: código do equipamento de contagem, unidade da federação, rodovia federal (BR), localização do equipamento de contagem (quilômetro da rodovia federal), ano, dias considerados na contagem, volume de veículos de carga, volume de veículos de passeio e volume de outros tipos de veículos.

A segunda coleta de dados foi junto à PRF, a qual disponibiliza em seu portal de dados abertos em sítio de Internet, arquivos com os acidentes de trânsito agrupados por ocorrência e por pessoas envolvidas. Os arquivos disponíveis são de 2007 a 2017.

Identificação da rodovia federal para o estudo

Com a obtenção dos dados da contagem de tráfego do DNIT (2017a), um arquivo de planilha eletrônica foi criado, com informações hierarquizadas pela contagem do tráfego total de veículos registrado no período de 2014 a 2016; resultando em um *ranking* de 64 rodovias federais. O Quadro 3 relaciona as 05 (cinco) principais rodovias federais por contagem de tráfego total (BRs-101, 116, 381, 040 e 262) e a Figura 3 apresenta mapa com disposição geográfica destas rodovias federais na extensão territorial brasileira.

Quadro 3. As cinco principais rodovias federais por contagem de tráfego total no período de 2014 a 2016 (Org. Autores). Fonte: DNIT, 2017a.

Rodovia Federal	Contagem de tráfego Veículos de carga	Contagem de tráfego Veículos de passeio	Contagem de tráfego Veículos do tipo outros	Contagem de Tráfego total
BR-101	46.465.585	171.138.168	7.100.512	224.704.265
BR-116	56.416.416	158.540.055	7.011.122	221.967.593
BR-381	35.402.335	61.706.047	3.461.658	100.570.040
BR-040	17.705.616	55.079.374	1.883.182	74.668.172
BR-262	15.498.581	54.706.894	2.583.969	72.789.444

Conforme dados constantes do Quadro 3, foi possível identificar a BR-101 como a rodovia federal com o mais alto volume registrado de veículos trafegados de 2014 a 2016. Segundo o Sistema Nacional de Viação (SNV) (BRASIL, 2011), dentro do subsistema rodoviário federal, a BR-101 é uma rodovia longitudinal, orientada na direção norte-sul do Brasil.

O projeto da BR-101 tem origem na década de 30, em planejamento de construção de duas rodovias longitudinais para o Brasil: uma pelo interior, a BR-116; e, outra seguindo o litoral do país, a BR-101 (DNER, 2001). Com a aprovação do Plano Nacional de Viação em 1964, a BR-101 foi registrada com traçado inicial de 4.080,00 quilômetros (BRASIL, 1964). Silva (2011) aponta o importante papel desta rodovia no desenvolvimento

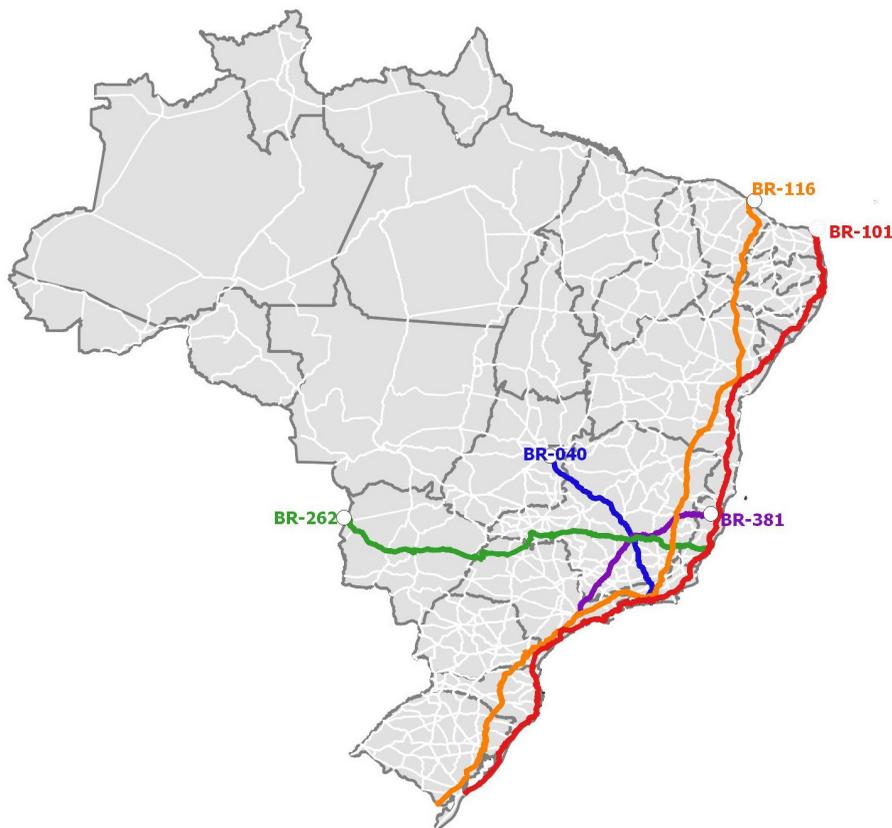


Figura 3. Mapa com disposição geográfica das cinco principais rodovias federais por contagem de tráfego total no período de 2014 a 2016 (Org. Autores). Fonte: EPL, 2018; IBGE, 2017; QGIS, 2018.

dos Estados por onde ela passa; especialmente, entre as divisas do Paraná (PR) e do Rio Grande do Sul (RS), a partir da década de 70, o desenvolvimento acelerado da indústria de cerâmica e do turismo promoveu mudanças nas características socioeconômicas nas regiões de seu traçado.

De acordo com os dados do SNV (DNIT, 2017b), a BR-101 atualmente tem seu ponto inicial na cidade de Touros no Rio Grande do Norte (RN) e termina em Rio Grande no RS, como apresentado na Figura 4. A rodovia BR-101 apresenta uma extensão de 4.482,10 quilômetros, entre trechos de pista dupla e simples, implantados e pavimentados, de leito natural e de travessia de cursos d'água, e mais 288,2 quilômetros de trechos planejados, totalizando 4.770,3 quilômetros.

Ainda com os dados do SNV, foi realizada identificação dos trechos da BR-101, classificados pelos tipos de acesso, contorno, variante e eixo principal. Foi obtido um total de 390 trechos, excluindo àqueles que constam como planejados (DNIT, 2017b). Cada trecho possui um código e é identificado pela UF; tipo; local de início; quilômetro inicial e final; extensão em quilômetros; superfície (situação física do trecho); obras; administração; jurisdição; dentre outros.

Montagem do banco de dados das ocorrências dos acidentes

A partir da identificação da BR-101 como a rodovia federal brasileira com o mais alto volume de tráfego registrado entre os anos de 2014 e 2016, foi realizada coleta e tabulação de dados sobre as ocorrências de acidentes de 2014 a 2016 na BR-101. Foram obtidos seis arquivos do banco de dados "Datatran" da PRF (PRF, 2017a), sendo dois



Figura 4. Mapa de extensão da rodovia federal BR-101 (Org. Autores). Fonte: EPL, 2018; IBGE, 2017; QGIS, 2018.

arquivos por ano (de 2014 a 2016) – um arquivo com registros das ocorrências dos acidentes e outro arquivo com a identificação dos veículos e pessoas envolvidas nos acidentes.

Os arquivos foram tratados e os campos identificados com informações irrelevantes para o estudo foram desconsiderados. Alguns registros tinham atributos em branco ou nulos. Para alguns atributos, foi possível efetuar o preenchimento devido, por exemplo, à redundância de dados, como no caso em que no mesmo registro constava a hora do acidente, mas não a fase do dia (amanhecer, noite ou pleno dia).

Para identificar as ocorrências de acidentes relacionados com os elementos do sistema de trânsito, no BD, foi incluída coluna “elemento trânsito” e o atributo informado conforme a causa do acidente, sendo velocidade incompatível, falta de atenção, não guardar distância de segurança, desobediência à sinalização, dormindo, ingestão de álcool e ultrapassagem indevida classificados como “pessoa”, animais na pista e defeito na via como “via” e defeito mecânico em veículo como “veículo”.

Visando identificar a faixa etária envolvida nos acidentes por quem conduziu veículos, de forma a possibilitar comparativos com estatísticas mundiais, foram consideradas as seguintes categorias de faixa etária no atributo de “idade”: até 14 anos, de 15 a 29 anos, de 30 a 44 anos, de 45 a 59 anos, de 60 a 74 anos, 75 anos e acima. Esta classificação é similar a da OMS (2004b, 2014), empregada no *ranking* global por grupos de idade para as causas de mortes e de mortes por acidentes de trânsito, além da identificação dos grupos de quem conduz veículos por idade que se encontram mais expostos ao risco.

A relação dos campos ou das variáveis de informações dos arquivos do banco de dados da PRF (2017c, 2017d), tanto dos acidentes agrupados por ocorrência, quanto para os acidentes agrupados por pessoa, podem ser visualizados nos Quadros 4 e 5, respectivamente.

Quadro 4. Dicionário de variáveis – acidentes agrupados por ocorrência (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017c.

Variável	Descrição
ID	Variável com valores numéricos, representando o identificador do acidente.
Data	Data da ocorrência no formato dd/mm/aaaa.
Dia da semana	Dia da semana da ocorrência. Exemplo: Segunda.
Horário	Horário da ocorrência no formato hh:mm:ss.
UF	Unidade da Federação.
BR	Variável com valores numéricos representando o identificador da BR do acidente.
Município	Nome do município de ocorrência do acidente.
Causa do acidente	Identificação da causa presumível do acidente. Exemplo: Falta de atenção.
Tipo do acidente	Identificação do tipo de acidente. Exemplo: Colisão frontal.
Classificação do acidente	Classificação quanto à gravidade do acidente: Sem Vítimas, Com Vítimas Feridas, Com Vítimas Fatais e Ignorado.
Fase do dia	Fase do dia no momento do acidente. Exemplo: Amanhecer.
Sentido da via	Sentido da via considerando o ponto de colisão: Crescente ou Decrescente.
Condição meteorológica	Condição meteorológica no momento do acidente. Exemplo: Céu claro.
Tipo da pista	Tipo da pista considerando a quantidade de faixas: Dupla, simples ou múltipla.
Traçado da via	Descrição do traçado da via: reta, curva ou cruzamento.
Uso do solo	Descrição sobre as características do local do acidente: Urbano ou rural.
Pessoas	Total de pessoas envolvidas na ocorrência.
Mortos	Total de pessoas mortas envolvidas na ocorrência.
Feridos leves	Total de pessoas com ferimentos leves envolvidas na ocorrência.
Feridos graves	Total de pessoas com ferimentos graves envolvidas na ocorrência.
Ilesos	Total de pessoas ilesas envolvidas na ocorrência.
Ignorados	Total de pessoas envolvidas na ocorrência e que não se soube o estado físico.
Feridos	Total de pessoas feridas envolvidas na ocorrência (soma dos feridos leves com os graves).
Veículos	Total de veículos envolvidos na ocorrência.

Quadro 5. Dicionário de variáveis – acidentes agrupados por pessoa (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017d.

Variável	Descrição
ID	Variável com valores numéricos, representando o identificador do acidente.
Data	Data da ocorrência no formato dd/mm/aaaa.
Dia da semana	Dia da semana da ocorrência. Exemplo: Segunda.
Horário	Horário da ocorrência no formato hh:mm:ss.
UF	Unidade da Federação.
BR	Variável com valores numéricos representando o identificador da BR do acidente.
KM	Identificação do quilômetro onde ocorreu o acidente, com valor mínimo de 0,1km e com a casa decimal separada por ponto.
Município	Nome do município de ocorrência do acidente.
Causa do acidente	Identificação da causa presumível do acidente. Exemplo: Falta de atenção.
Tipo do acidente	Identificação do tipo de acidente. Exemplo: Colisão frontal.
Classificação do acidente	Classificação quanto à gravidade do acidente: Sem Vítimas, Com Vítimas Feridas, Com Vítimas Fatais e Ignorado.
Fase do dia	Fase do dia no momento do acidente. Exemplo: Amanhecer.
Sentido da via	Sentido da via considerando o ponto de colisão: Crescente ou Decrescente.
Condição meteorológica	Condição meteorológica no momento do acidente. Exemplo: Céu claro.
Tipo da pista	Tipo da pista considerando a quantidade de faixas: Dupla, simples ou múltipla.
Traçado da via	Descrição do traçado da via: reta, curva ou cruzamento.
Uso do solo	Descrição sobre as características do local do acidente: Urbano ou rural.
ID veículo	Variável com valores numéricos identificando de forma unívoca cada veículo envolvido nos acidentes registrados pela PRF.
Tipo do veículo	Tipo do veículo conforme artigo 96 do Código de Trânsito Brasileiro. Exemplo: Automóvel, Caminhão, Motocicleta.
Marca	Descrição da marca e modelo do veículo.
Ano de fabricação do veículo	Ano de fabricação do veículo, no formato aaaa.
PesID	Variável com valores numéricos identificando de forma unívoca cada pessoa envolvida nos acidentes registrados pela PRF.
Tipo envolvido	Tipo de envolvido no acidente conforme sua participação no evento. Exemplo: quem conduz veículo, passageiro, pedestre.

Estado físico	Condição do envolvido conforme a gravidade das lesões. Exemplo: morto, ferido leve.
Idade	Idade do envolvido. O código “-1” indica que não foi possível coletar tal informação.
Sexo	Sexo do envolvido. O valor “inválido” indica que não foi possível coletar tal informação.
Nacionalidade	Indica a nacionalidade do envolvido. O valor “Não Informado” indica que não foi possível coletar tal informação.
Naturalidade	Indica a naturalidade do envolvido. O valor “Não Informado” indica que não foi possível coletar tal informação.

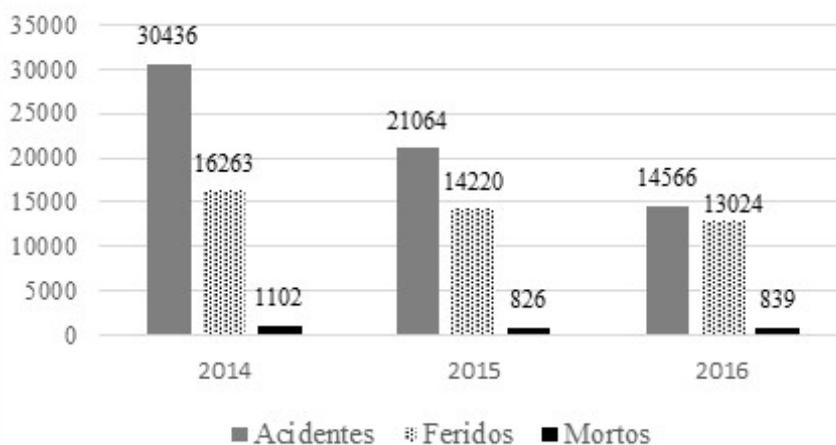


Figura 5. Distribuição anual de acidentes, feridos e mortos na BR-101 (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Caracterização das ocorrências dos acidentes

A caracterização dos acidentes foi efetuada a partir da análise das ocorrências de acidentes da BR-101 registradas pela PRF e considerando a classificação dos acidentes de acordo com a sua gravidade – acidentes com fatalidade (CF), em que há pelo menos uma vítima fatal, acidentes com vítimas (CV), quando há feridos, mas sem mortos, e acidentes sem vítimas (SV), sendo todas as pessoas envolvidas saem ilesas (PRF, 2017a).

Para o objetivo deste estudo, adotou-se o conceito de que “acidente com fatalidade é aquele em que o envolvido morreu no local do acidente” (IPEA, 2006), assim como adotado pela PRF para os registros dos boletins de ocorrência (IPEA, 2015b) e pelo manual do DENATRAN (2000).

Para os anos deste estudo, a base de dados dos Boletins de Ocorrência (BO) registrou para a BR-101 no período em estudo: 66.066 acidentes, dos quais 2.337 acidentes com vítimas fatais (2.767 mortos), 28.666 acidentes com vítimas feridas (9.667 feridos graves) e 34.249 acidentes sem vítimas (PRF, 2017a). Nos três anos, obteve-se uma média de 60 (sessenta) acidentes por dia.

A distribuição dos acidentes e do número de mortos e de feridos entre os anos do estudo está representado na Figura 5. Percebe-se que de 2014 a 2016, ocorreu redução de acidentes, de mortos e de feridos. Embora o número total de acidentes tenha reduzido em 52,14%, o número de mortos reduziu 23,87% e o número de feridos em apenas 19,92%.

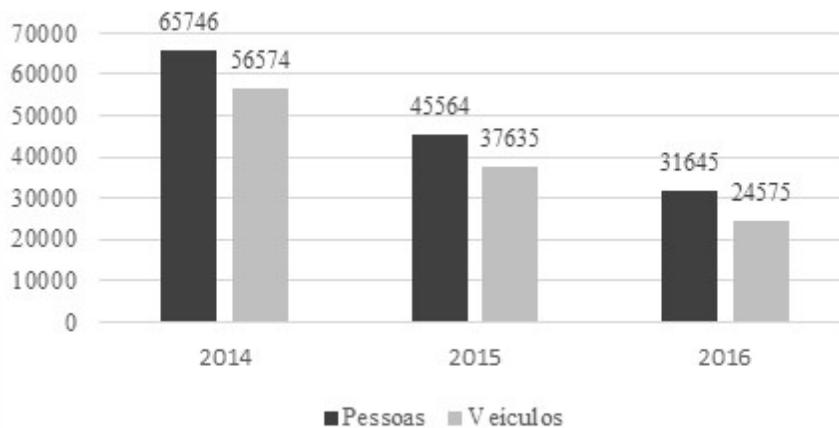


Figura 6. Distribuição anual de pessoas e veículos envolvidos em acidentes na BR-101 (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Mais um dado que demonstra a redução das externalidades dos acidentes se refere ao número de pessoas e de veículos envolvidos em acidentes na BR-101 nos anos do estudo. Na Figura 6, nota-se que houve redução em 51,87% no número de pessoas envolvidas e em 56,56% no número de veículos envolvidos em acidentes em 2016 com relação à 2014. Este resultado pode ser reflexo da estratégia operacional da PRF, quer seja com campanhas de conscientização dos usuários do trânsito, quer seja com operações pontuais em períodos de intenso movimento (PRF, 2017b).

Considerando o método de classificação de rodovias federais segundo os índices de periculosidade e de gravidade empregado pelo IPEA (2006), foi realizado cálculo da periculosidade e da gravidade dos acidentes da BR-101, por ano do estudo, sendo obtidos os índices exibidos no Quadro 6. Pelo valor obtido no cálculo do índice de periculosidade, enquanto em 2014 foi registrado 6,38 acidentes por quilômetro na BR-101, em 2016 esse índice reduziu para 3,05 acidentes por quilômetro.

Quadro 6. Índices de periculosidade e de gravidade da BR-101 (Org. Autores). Sendo: (a.) Índice de periculosidade: nº. acidentes / extensão da rodovia em km (excluídos os trechos planejados); (b.) Índice de gravidade: UPS / extensão da rodovia em km (excluídos os trechos planejados); (c.) CV: acidentes com vítima; CF: acidente com fatalidade. Fonte: PRF, 2017a.

Ano	Índice		Acidentes					Envolvidos		
	Periculosidade (a.)	Gravidade (b.)	Quantidade total	Quantidade acidentes sem vítimas	Quantidade acidentes com vítimas feridas	Quantidade acidentes com fatalidade	% Acidentes C/V e C/F (c.)	No. de feridos	No. de mortos	No. de envolvidos
2014	6,79	18,49	30.436	18.762	10.485	898	11,68	16.263	1.102	65.746
2015	4,70	14,94	21.064	10.708	9.378	720	13,03	14.220	826	45.564
2016	3,25	12,97	14.566	4.779	8.803	719	12,24	13.024	839	31.645
Todos os anos	14,74	46,40	66.066	34.249	28.666	2.337	12,27	43.507	2.767	142.955

Verificando a distribuição dos acidentes pelos dias da semana, conforme a Figura 7, pode-se identificar que o dia da “sexta-feira” apresentou a mais alta concentração, seguido do dia do sábado. Nota-se que o final da semana é um período crítico de acidentes, período em que devem ser reforçadas as ações de fiscalização e de prevenção de acidentes (Andrade et al., 2011).

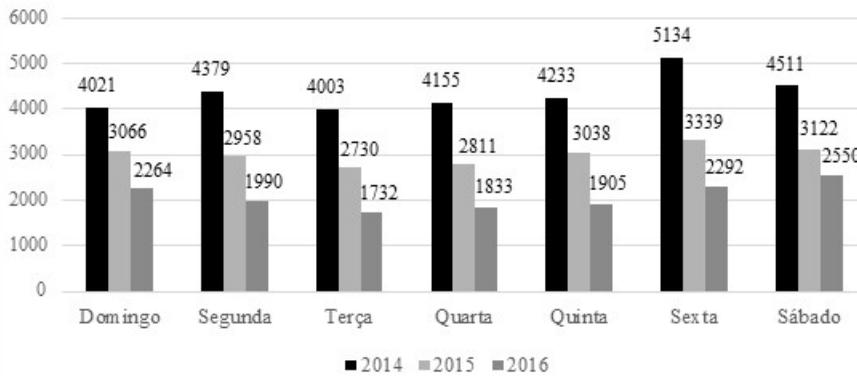


Figura 7. Distribuição dos acidentes na BR-101 por dia da semana (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Dentre os principais tipos de acidentes registrados entre 2014 e 2016 na BR-101, podem-se destacar colisão traseira, colisão lateral, saída de pista, colisão transversal e colisão com objeto fixo, os quais responderam por 50.154 acidentes (ou 76% das ocorrências registradas), de acordo com *ranking* por tipo de acidente do Quadro 7. Cerca de 58% dos tipos de acidente corresponderam à colisão com veículo automotivo (traseira, lateral e transversal).

Quadro 7. Os cinco principais tipos de acidente registrado na BR-101 (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Tipo de acidente	Quantidade
Colisão traseira	19.647
Colisão lateral	11.489
Saída de pista	7.752
Colisão transversal	6.868
Colisão com objeto fixo	4.398

Considerando a mortalidade por tipo de acidente, verificou-se que o atropelamento de pessoa (23,4% dos acidentes) e a colisão frontal (23,3% dos acidentes) foram responsáveis pelo maior número de acidentes fatais; destacando que a colisão frontal provocou o maior número de óbitos, com 753 mortos ou 27% em relação a todos os vítimas fatais por acidentes no período em estudo na BR-101.

Análise do IPEA (2015b) identificou que os atropelamentos de pessoas ocorrem com bastante frequência em rodovias federais, principalmente em trechos urbanos. No caso da BR-101, o tipo de acidente “atropelamento de pessoa” ocorreu em 3,02% dos totais de acidentes, deixando 561 mortos e 959 feridos graves.

No grupo dos usuários mais vulneráveis do sistema de trânsito (OMS, 2015a), foram 2.283 pedestres envolvidos nos acidentes da BR-101, entre 2014 e 2016, vindo 563 ao óbito e 909 deixados com ferimentos graves. Ainda, de acordo com a amostra, 729 pedestres tiveram ferimentos leves, 45 saíram ilesos e 37 não tiveram suas condições registradas. Os pedestres representaram 20,35% das mortes dos acidentes registrados na BR-101.

Pela terminologia das causas dos acidentes, foi possível identificar as relacionadas com cada um dos elementos do trânsito (pessoa, via ou veículo). Deste modo, considerando a causa presumível dos acidentes que foi registrada pela PRF na BR-101 no período de 2014 a 2016, identificou-se que a falta de atenção teve a maior participação

nas ocorrências, representando 33% dos acidentes. Segundo IPEA (2015b), a falta de atenção se destaca nos acidentes em geral. O Quadro 8 apresenta o *ranking* das causas presumíveis de acidentes registradas pela PRF.

Quadro 8. Causa de acidente registrada na BR-101 (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Causa de acidente	Quantidade
Falta de atenção	22.010
Outras	18.026
Não guardar distância de segurança	7.290
Velocidade incompatível	5.170
Desobediência a sinalização	3.443
Ingestão de álcool	2.798
Defeito mecânico em veículo	2.491
Dormindo	1.529
Ultrapassagem indevida	1.261
Defeito na via	1.061
Animais na pista	987

No total das ocorrências registradas, as causas dos acidentes relacionadas ao elemento “pessoa” representaram 90% das causas presumíveis, conforme Quadro 9. Este resultado é próximo ao encontrado por Menezes (2001), o qual considerou o fator humano como causa de aproximadamente 85% dos acidentes no Brasil. Branco (1999) aponta que a maior parte dos acidentes tem relação com falha humana.

Quadro 9. Acidentes por elemento do trânsito registrados para a BR-101 (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Acidente por elemento do trânsito	Quantidade
Pessoa	43.501
Via	2.048
Veículo	2.491

Quanto à espécie do tipo de veículo envolvido nos acidentes da BR-101, considerando a classificação do artigo 96 do CTB (BRASIL, 1997), e conforme Quadro 10, os veículos de transporte de passageiros estiveram envolvidos em 68,85% dos acidentes, enquanto que o de carga em 17,18%. Desta forma, os acidentes na BR-101 envolveram predominantemente veículos de passageiros, uma vez que o volume de tráfego registrado no período foi de 76,16% de veículos de passeio (Quadro 3).

Quadro 10. Tipo de veículo, quanto à espécie, registrado por número de acidentes na BR-101 (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Tipo de veículo, quanto à espécie	Quantidade
Passageiros	81.788
Carga	20.413
Misto	4.906
Tração	10.270
Não identificado	1.413

Analisando a proporção de ocorrências de acidentes, feridos graves e mortes por modalidade de transporte, foi possível identificar o grau de severidade por modalidade,

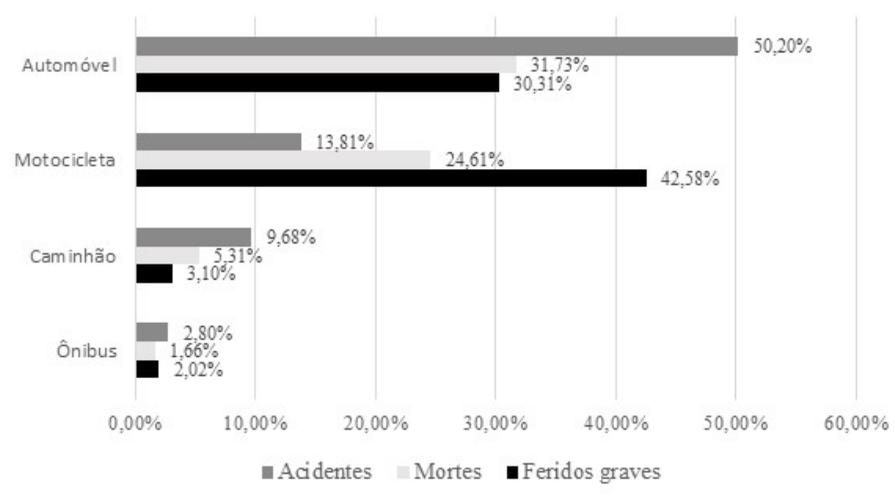


Figura 8. Modalidade de transporte envolvida nos acidentes em percentual (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

conforme Figura 8. Percebe-se que, embora, as motocicletas (e motonetas) estiveram envolvidas em 13,81% dos acidentes, acabaram se destacando como a modalidade de mais alta severidade no transporte já que apresentaram 24,61% das mortes e 42,58% dos feridos graves totais. De acordo com IPEA (2015b), isto pode ser explicado pelo menor grau de proteção que o veículo oferece aos usuários, com uma exposição maior ao perigo e às lesões.

Ainda, segundo a Figura 8, os automóveis tiveram maior percentual de envolvimento nos acidentes da rodovia BR-101 e também de mortes entre todos os modais de transporte. Pesquisa do IPEA (2015b) aponta que isto pode ser em função do maior número da frota circulante de automóveis em relação às demais modalidades de transporte nas rodovias. Percebe-se que a severidade dos acidentes é menor – os automóveis apresentaram menos feridos graves em relação às motocicletas, possivelmente em função de uma maior proteção que é oferecida ao usuário pelo veículo.

Em relação à faixa etária de quem conduziu veículos envolvidos nos acidentes, tanto para os homens (88,68% dos condutores) quanto para as mulheres (11,32% do restante), o grupo de 30 a 44 anos lidera a participação no total, seguido da faixa etária de 15 a 29 anos. Estes dados reforçam apontamentos da OMS (2014) de que quem conduz veículos envolvidos em acidentes de trânsito são predominantemente homens jovens e adultos. No caso do envolvimento em acidentes daqueles que conduzem veículos em seus primeiros anos de condução nas vias públicas, Andrade *et al.* (2011) aponta que este grupo é formado por quem deve possuir conhecimento da legislação de trânsito brasileiras.

Pelos dados do SNV (DNIT, 2017b), a situação física da BR-101 contempla 233 trechos formados por pista simples (70,93% da extensão da rodovia, ou 3.179,10 quilômetros) e 157 trechos formados por duas pistas com duas ou mais faixas para cada sentido (29,07% da extensão da rodovia, ou 1.303,00 quilômetros), conforme definição do DNIT (2007).

Nesse sentido, foi possível verificar, em relação ao tipo de pista (dupla, simples e múltipla), que boa parte dos acidentes de trânsito na BR-101 ocorreu em trechos de via simples (54,60%) e de traçado reto (71,67%). Para a pista simples e de traçado reto, aproximadamente 35% dos acidentes foram por colisão frontal, seguido por atropelamento de pessoa (17,67%). O traçado reto dá a quem conduz o veículo uma sensação falsa de maior segurança, facilitando infrações de velocidade acima do limite e desrespeito à sinalização (Andrade *et al.*, 2011).

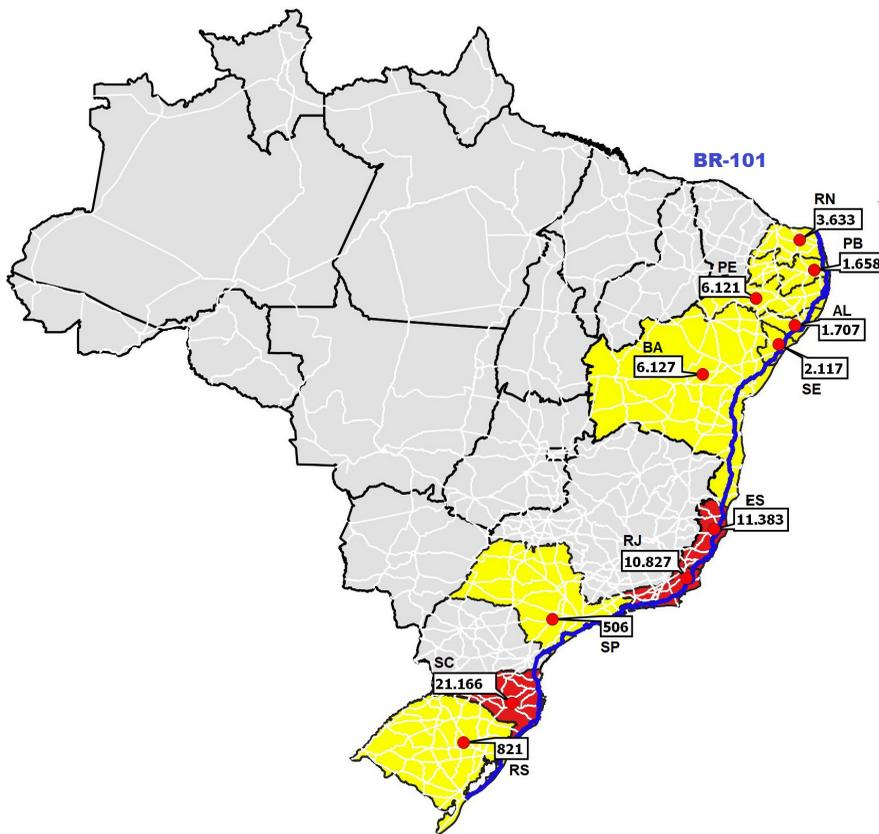


Figura 9. Mapa com número de acidentes por UF (Org. Autores). Fonte: EPL, 2018; IBGE, 2017; PRF, 2017a; QGIS, 2018.

Analisando a ocorrência dos acidentes da BR-101 por unidade da federação (UF), conforme Quadro 11 e Figura 9, percebe-se que 03 (três) UFs concentraram o maior número de acidentes: Santa Catarina (SC) com 21.166 acidentes (32%), seguida do Espírito Santo (ES) com 11.383 (17,23%) e, depois, do Rio de Janeiro (RJ) com 10.827 (16,39%) – somados representaram 65,66% do total de acidentes. Embora, o estado da Bahia (BA) possua a maior extensão de trechos da BR-101 (956,30 quilômetros), apresentou apenas 9,27% dos acidentes desta BR.

Quadro 11. Quantidade e extensão de trechos e número de acidentes por UF (Org. Autores). Fonte: DNIT, 2017b; PRF, 2017a.

UF	Qtd trechos na UF	Extensão total trechos na UF	% da extensão total BR-101	Num. de acidentes	% de acidentes total BR-101
SC	42	476,10	10,62%	21.166	32,04%
ES	41	464,70	10,37%	11.383	17,23%
RJ	59	603,90	13,47%	10.827	16,39%
BA	61	956,30	21,34%	6.127	9,27%
PE	27	232,30	5,18%	6.121	9,26%
RN	31	178,10	3,97%	3.633	5,50%
SE	34	206,10	4,60%	2.117	3,20%
AL	22	247,80	5,53%	1.707	2,58%
PB	13	127,70	2,85%	1.658	2,51%
RS	32	431,70	9,63%	821	1,24%
SP	28	557,40	12,44%	506	0,77%

Ao considerar o índice de periculosidade e a gravidade dos acidentes, segundo o método de classificação de rodovias federais empregado pelo IPEA (2006), a UF de SC apresentou o mais alto índice de periculosidade e a mais alta gravidade dos acidentes registrados; contudo, a UF da BA foi que apresentou o mais alto percentual de mortes (20,89%), seguida da UF de RJ (20,38%), segundo Quadro 12.

Quadro 12. Índice de periculosidade e gravidade de acidentes por UF (Org. Autores). Sendo: (a.) Índice de periculosidade: número de acidentes / extensão total dos trechos da UF em km (excluídos os trechos planejados); (b.) Índice de gravidade: UPS / extensão total dos trechos da UF em km (excluídos os trechos planejados); (c.) CV: acidentes com vítima; CF: acidente com fatalidade; (d.) Dados totais e calculados para toda a extensão da BR-101 (excluídos os trechos planejados).Fonte: DNIT, 2017b; PRF, 2017a.

UF	% mortes	% feridos graves	Acidentes totais	Índice de periculosidade (a.)	Gravidade (b.)	% Acidentes C/V e C/F (c.)
SC	15,83%	23,37%	21.166	44,46	135,75	24,34
ES	16,84%	26,26%	11.383	24,50	81,40	15,05
RJ	20,38%	14,03%	10.827	17,93	55,40	9,11
RN	3,00%	5,11%	3.633	20,40	55,77	17,83
PE	9,36%	8,13%	6.121	26,35	75,53	8,84
SE	4,30%	3,37%	2.117	10,27	32,16	8,03
PB	2,28%	2,65%	1.658	12,98	40,53	12,84
BA	20,89%	11,63%	6.127	6,41	23,62	6,07
AL	5,46%	3,87%	1.707	6,89	23,76	5,42
RS	1,19%	0,85%	821	1,90	5,60	10,93
SP	0,47%	0,74%	506	0,91	3,37	25,67
BR-101 (d.)			66.066	14,74	46,40	12,27

Filtrando a participação das UFs por tipo de acidente, como demonstrado no Quadro 13, verifica-se que o estado de SC lidera em número de acidentes em quase todas as tipificações dos acidentes, à exceção de colisão frontal, atropelamento de pessoa e atropelamento de animal.

Quadro 13. Tipo de acidente por UF em número de acidentes (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Tipo de acidente	UF	Num. de acidentes
Colisão traseira	SC	6627
Colisão lateral	SC	3652
Saída de pista	SC	2350
Colisão com objeto fixo	SC	2258
Colisão transversal	SC	2159
Queda de motocicleta / bicicleta / veículo	SC	1063
Capotamento	SC	803
Tombamento	SC	719
Colisão frontal	RJ	568
Atropelamento de pessoa	ES	422
Colisão com objeto móvel	SC	200
Atropelamento de animal	BA	190
Colisão com bicicleta	SC	189
Danos Eventuais	SC	113
Incêndio	SC	104
Derramamento de carga	SC	84

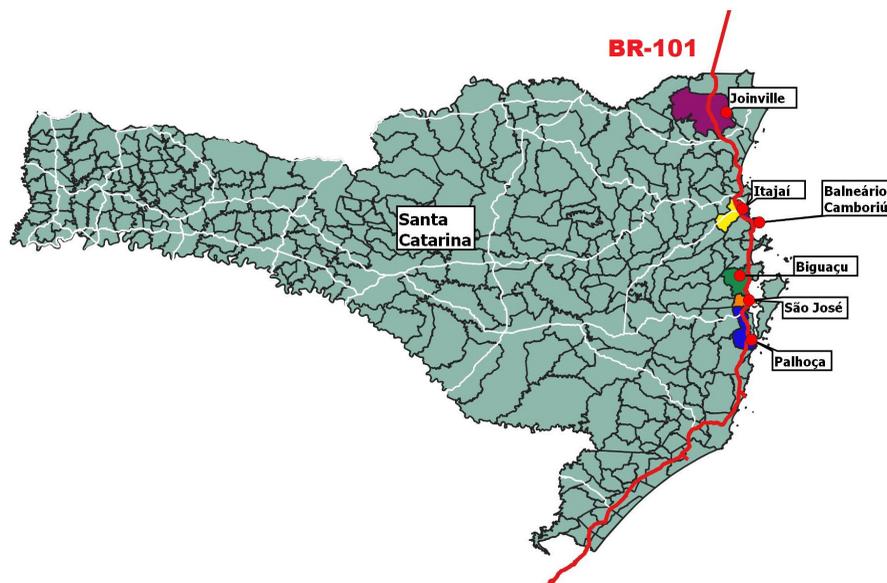


Figura 10. Mapa com os municípios de Santa Catarina que apresentaram maior incidência de acidentes (Org. Autores). Fonte: EPL, 2018; IBGE, 2017; PRF, 2017a; QGIS, 2018.

Já em um *ranking* de municípios, como constante no Quadro 14, estão relacionados os limites municipais com mais alto registro de acidentes do período em estudo (a partir de 1.000 acidentes registrados), pertencentes às UFs de SC, ES, PE, RN e RJ. Levando-se em conta a gravidade do acidente, o município de Campo dos Goytacazes-RJ foi que registrou o maior número de mortes (129) e o município de Serra-ES registrou o maior número de feridos graves (888).

Quadro 14. Número de acidentes por município (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Município	UF	Num. de acidentes
SAO JOSE	SC	3841
SERRA	ES	3579
PALHOCA	SC	2710
RECIFE	PE	2184
JOINVILLE	SC	1847
CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ	1791
LINHARES	ES	1724
NATAL	RN	1576
ITAJAI	SC	1472
NITEROI	RJ	1383
BIGUACU	SC	1325
BALNEARIO CAMBORIU	SC	1319
SAO GONCALO	RJ	1297
ANGRA DOS REIS	RJ	1122
ITABORAI	RJ	1033
CARIACICA	ES	1018

Pelo *ranking* do Quadro 14, juntas, as UFs de Santa Catarina e do Rio de Janeiro possuem a maior parte dos municípios líderes em acidentes entre 2014 a 2016. As Figuras 10 e 11 apresentam os mapas destes estados, respectivamente, com a identificação das municipalidades relacionadas no Quadro 14 e a disposição espacial de cada uma em relação ao traçado da rodovia BR-101.

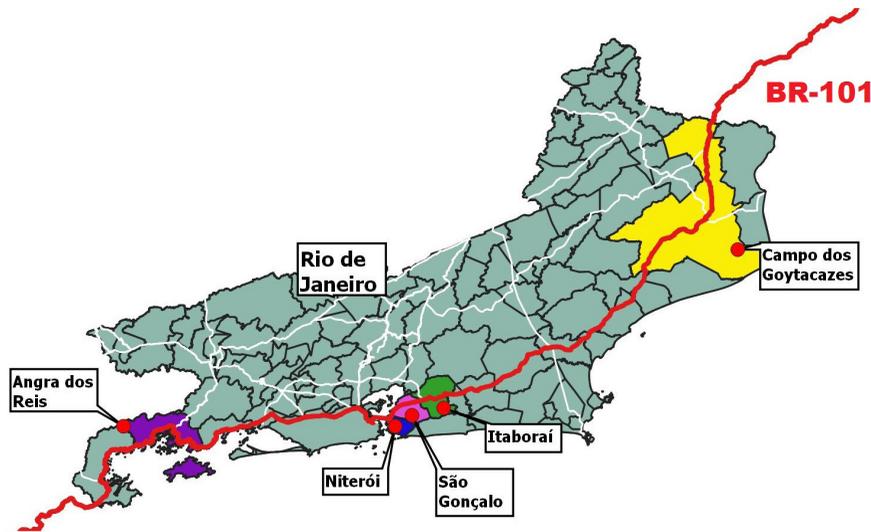


Figura 11. Mapa com os municípios do Rio de Janeiro que apresentaram maior incidência de acidentes (Org. Autores). Fonte: EPL, 2018; IBGE, 2017; PRF, 2017a; QGIS, 2018.

Analisando a tipificação dos acidentes por município, no Quadro 15, consta relação das localidades que apresentaram a maior incidência de acidentes por tipo, distribuídas pelas UF's de SC, ES, RJ e BA. Percebe-se que, novamente, o estado de Santa Catarina concentra a maior parte das municipalidades, neste caso, líderes por tipo de acidente, seguido pelo estado do Espírito Santo; este, apenas com o município de Serra, o qual reuniu a maior incidência de acidentes do tipo queda de motocicleta / bicicleta / veículo, atropelamento de pessoa, tombamento, colisão com bicicleta e incêndio.

Quadro 15. Tipo de acidente por município em número de acidentes (Org. Autores). Fonte: PRF, 2017a.

Tipo de acidente	Município	Num. de acidentes
Colisão traseira	SAO JOSE, SC	1616
Colisão lateral	SAO JOSE, SC	967
Colisão transversal	SAO JOSE, SC	450
Saída de pista	PALHOCA, SC	264
Colisão com objeto fixo	JOINVILLE, SC	251
Queda de motocicleta / bicicleta / veículo	SERRA, ES	196
Atropelamento de pessoa	SERRA, ES	174
Colisão frontal	ANGRA D. R., RJ	142
Capotamento	ARATACA, BA	87
Tombamento	SERRA, ES	86
Colisão com bicicleta	SERRA, ES	47
Danos Eventuais	JOINVILLE, SC	24
Colisão com objeto móvel	NITEROI, RJ	23
Atropelamento de animal	ITABUNA, BA	23
Incêndio	SERRA, ES	19
Derramamento de carga	BIGUACU, SC	14

Identificação dos segmentos críticos

Com relação à identificação dos segmentos críticos da BR-101, a partir dos trechos que tiveram volume de tráfego registrado pelos equipamentos do PNCT, foi considerada a metodologia do DENATRAN (1987) na forma aplicada por Schmitz e Goldner (2012). O conceito dos segmentos homogêneos foi empregado separando os trechos entre “pista dupla” e “pista simples”.

Nesse sentido, primeiro obteve-se o número proporcional de acidentes em relação ao volume de tráfego, a Unidade-Padrão de Severidade (UPS), com a fórmula (DENATRAN, 1987):

$$UPS = SV + 5 \times CV + 13 \times CF$$

Depois, para obter as taxas de acidentes por segmento (T), considerou-se a fórmula:

$$T = \frac{UPS \times 10^6}{VMD \times P \times E}$$

onde VMD é o volume médio diário de veículos registrado no trecho, P é o período da contagem do volume de veículos e E é a extensão do trecho em quilômetros.

Para cada grupo de segmento (pista dupla e pista simples), foram calculadas as respectivas UPS e taxa de severidade de acidentes, sendo então obtida a média das taxas de acidentes por grupo. Esta média foi comparada com a taxa de acidente em cada segmento do grupo, de maneira que os segmentos críticos de pista dupla e pista simples foram aqueles que apresentaram valor igual ou superior da média das taxas de acidente.

Portanto, partindo dos trechos que tiveram pontos de contagem de tráfego do PNCT e, assim, conhecendo o volume médio diário anual (VMDA), após calculada a UPS de cada trecho, efetuou-se cálculo da taxa de severidade de acidentes pelo método DENATRAN (1987). Foi obtida a média das taxas e foram identificados os segmentos críticos da BR-101.

Para o grupo de pista simples, que reuniu dez trechos, foram obtidos cinco segmentos críticos, como demonstrado no Quadro 16; e, para o grupo de pista dupla, que reuniu doze trechos, foram obtidos quatro segmentos críticos, de acordo com o Quadro 17. Foi possível evidenciar que os segmentos críticos não foram os que apresentaram o mais alto VMDA do período, mas sim os que apresentaram as mais altas taxas de acidentes, de forma proporcional ou equivalente aos acidentes registrados.

Quadro 16. Segmentos críticos BR-101 de pista simples (Org. Autores). Sendo: (a.) Volume médio diário anual (2014 a 2016); (b.) Taxa de acidentes (T): $(UPS \times 10^6) / (VMDA \times P \times E)$ (DENATRAN, 1987). Fonte: PRF, 2017a.

UF	Km do PNCT BR-101	Município	VMDA (a.)	Pista	Km inicial do segmento	Km final do segmento	Extensão do segmento	Qtd Acidentes Sem Vítimas	Qtd Acidentes com Vítimas Feridas	Qtd Acidentes com Vítimas Fatais	Taxa de Acidentes (b.)
ES	250,03	Serra	54.286	Simple	247,10	256,10	9,00	189	135	7	5,36
BA	492,35	Itajuípe	14.874	Simple	490,60	507,70	17,10	41	53	9	4,56
RJ	535,50	Parati	15.832	Simple	529,20	575,50	46,30	124	127	18	3,71
RJ	77,20	C. dos Goytac.	48.095	Simple	73,80	78,90	5,10	73	40	1	3,19
BA	814,10	Itamaraju	9.198	Simple	813,20	875,00	61,80	52	96	8	3,07

Quadro 17. Segmentos críticos BR-101 de pista dupla (Org. Autores). Sendo: (a.) Volume médio diário anual (2014 a 2016); (b.) Taxa de acidentes (T): $(UPS \times 106) / (VMDA \times P \times E)$ (DENATRAN, 1987). Fonte: PRF, 2017a.

UF	Km do PNCT BR-101	Município	VMDA (a.)	Pista	Km inicial do segmento	Km final do segmento	Extensão do segmento	Qtd Acidentes Sem Vítimas	Qtd Acidentes com Vítimas Feridas	Qtd Acidentes com Vítimas Fatais	Taxa de Acidentes (b.)
SC	154,00	Porto Belo	49.342	Dupla	133,00	155,00	22,00	109	295	15	4,49
SE	87,00	Aracaju	36.510	Dupla	85,70	89,40	3,70	31	28	3	4,26
PB	76,70	Santa Rita	52.521	Dupla	73,50	80,50	7,00	51	80	5	3,85
RJ	401,87	Itaguaí	83.919	Dupla	400,40	406,10	5,70	47	79	9	3,20

Mineração de dados e análises

A partir do BD do estudo, foram geradas tabelas, primeiramente, filtradas por tipo de pista (dupla ou simples), depois por sexo de quem conduziu o veículo e, finalmente, pela classificação da gravidade do acidente (CF, CV ou SV). Cada uma destas tabelas deu origem a um arquivo para importação na ferramenta WEKA, visando aplicar o algoritmo *Apriori*. No total, foram gerados doze arquivos.

O algoritmo *Apriori* foi configurado com regra de confiança de 90% e suporte mínimo de 10%. O *Apriori* explorou associações no conjunto de dados selecionado, visando identificar relações entre fatores das ocorrências de acidentes de trânsito, assim como aplicado por Costa et al. (2014).

A descoberta de conhecimento por meio de regras associativas, tipo “SE \Rightarrow ENTÃO”, como representada por Markov e Larose (2007). No detalhamento a seguir, para pista dupla, a partir das condicionantes de gravidade do acidente e sexo de quem conduz o veículo, considerando regras de confiança de 100% ($\langle \text{conf:}(1) \rangle$), foi identificada a falta de atenção de quem conduziu veículos como causa presumível mais registrada pela PRF, em qualquer classificação de gravidade de acidente, conforme os Quadros 18 e 19.

No Quadro 18, para os condutores do sexo feminino, aparece forte incidência de acidentes em vias de traçado reto e de área urbana. No caso dos condutores do sexo masculino, conforme Quadro 19, foi identificada também como causa presumível de acidentes a velocidade incompatível dos veículos na via, bem como maior participação em acidentes dos condutores de faixa etária de 30 a 44 anos.

Quadro 18. Regras de condutores do sexo feminino para pista dupla. Fonte: dados gerados a partir da pesquisa.

Regra	Gravidade	Confiança	Atributos	Registros	Pista	Sexo
causa_acidente=Falta_de_atencao 22 \Rightarrow elemento_transito=Pessoa 22 $\langle \text{conf:}(1) \rangle$	Vítimas Fatais	100%	18	81	Dupla	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao tracado_via=Reta 16 \Rightarrow elemento_transito= Pessoa 16 $\langle \text{conf:}(1) \rangle$	Vítimas Fatais	100%	18	81	Dupla	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao 1139 \Rightarrow elemento_transito= Pessoa 1139 $\langle \text{conf:}(1) \rangle$	Vítimas Feridas	100%	18	2942	Dupla	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao tracado_via=Reta 900 \Rightarrow elemento_transito= Pessoa 900 $\langle \text{conf:}(1) \rangle$	Vítimas Feridas	100%	18	2942	Dupla	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao 1740 \Rightarrow elemento_transito= Pessoa 1740 $\langle \text{conf:}(1) \rangle$	Sem Vítimas	100%	18	4238	Dupla	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao tracado_via=Reta uso_solo=Urbano tipo_veiculo=Automovel 1060 \Rightarrow elemento_transito= Pessoa 1060 $\langle \text{conf:}(1) \rangle$	Sem Vítimas	100%	18	4238	Dupla	Feminino

Quadro 19. Regras de condutores do sexo masculino para pista dupla. Fonte: dados gerados a partir da pesquisa.

Regra	Gravidade	Confiança	Atributos	Registros	Pista	Sexo
causa_acidente=Falta_de_atencao 269 ==> elemento_transito= Pessoa 269 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	1176	Dupla	Masculino
causa_acidente=Velocidade_incompativel 131 ==> elemento_transito= Pessoa 131 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	1176	Dupla	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao 6861 ==> elemento_transito= Pessoa 6861 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	19870	Dupla	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao idade=De_30_a_44_anos 2365 ==> elemento_transito= Pessoa 2365 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	19870	Dupla	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao 11401 ==> elemento_transito= Pessoa 11401 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	29202	Dupla	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao idade=De_30_a_44_anos 4488 ==> elemento_transito= Pessoa 4488 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	29202	Dupla	Masculino

Os resultados obtidos na mineração de dados para pista simples foram similares àqueles obtidos para pista dupla, conforme pode ser verificado nos Quadros 20 e 21. No Quadro 20, para o sexo feminino, acidentes de alta gravidade em trechos de pista simples, a velocidade incompatível dos veículos na via apareceu também como causa presumível, assim como maior participação em acidentes para condutores do sexo feminino de faixa etária de 30 a 44 anos.

Contudo, para condutores do sexo masculino, Quadro 21, acidentes de alta gravidade em trechos de pista simples, não apenas as causas presumíveis de falta de atenção e velocidade incompatível foram identificadas, mas também ultrapassagem indevida. De acordo com Yagil (1998), condutores do sexo masculino possuem tendência de superestimar suas habilidades no trânsito mais do que os condutores do sexo feminino. Aqui pode estar o indicativo da maior incidência de acidentes com condutores do sexo masculino para as causas de falta de atenção, velocidade incompatível e ultrapassagem indevida.

Quadro 20. Regras de condutores do sexo feminino para pista simples. Fonte: dados gerados a partir da pesquisa.

Regra	Gravidade	Confiança	Atributos	Registros	Pista	Sexo
causa_acidente=Falta_de_atencao 11 ==> elemento_transito= Pessoa 11 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	76	Simples	Feminino
causa_acidente=Velocidade_incompativel 8 ==> elemento_transito= Pessoa 8 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	76	Simples	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao 729 ==> elemento_transito= Pessoa 729 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	1773	Simples	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao tracado_via=Reta 463 ==> elemento_transito= Pessoa 463 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	1773	Simples	Feminino
causa_acidente=Falta_de_atencao 721 ==> elemento_transito= Pessoa 721 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	1701	Simples	Feminino
elemento_transito= Pessoa idade=De_30_a_44_anos 556 ==> estado_fisico=Ileso 556 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	1701	Simples	Feminino

Quadro 21. Regras de condutores do sexo masculino para pista simples. Fonte: dados gerados a partir da pesquisa.

Regra	Gravidade	Confiança	Atributos	Registros	Pista	Sexo
causa_acidente=Falta_de_atencao 317 ==> elemento_transito= Pessoa 317 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	2087	Simple	Masculino
causa_acidente=Ultrapassagem_indevida 278 ==> elemento_transito= Pessoa 278 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	2087	Simple	Masculino
causa_acidente=Velocidade_incompativel 261 ==> elemento_transito= Pessoa 261 <conf:(1)>	Vítimas Fatais	100%	18	2087	Simple	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao 5225 ==> elemento_transito= Pessoa 5225 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	16407	Simple	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao tracado_via=Reta 3777 ==> elemento_transito= Pessoa 3777 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	16407	Simple	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao idade=De_30_a_44_anos 1798 ==> elemento_transito= Pessoa 1798 <conf:(1)>	Vítimas Feridas	100%	18	16407	Simple	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao 6347 ==> elemento_transito= Pessoa 6347 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	18130	Simple	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao estado_fisico=Ileso 6288 ==> elemento_transito= Pessoa 6288 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	18130	Simple	Masculino
causa_acidente=Falta_de_atencao tracado_via=Reta 4614 ==> elemento_transito= Pessoa 4614 <conf:(1)>	Sem Vítimas	100%	18	18130	Simple	Masculino

Embora, quanto ao comportamento humano, sempre se dê destaque ao excesso de velocidade e ou à ingestão de álcool como principais condições da imprudência de quem conduz o veículo (IPEA, 2008; OPAS, 2012), a falta de atenção é que foi identificada como uma das principais causas presumíveis, como se pode verificar nos Quadros 18 a 21.

Estes resultados podem vir a corroborar as conclusões de Shinar (2007) de que quem conduz o veículo pode ocupar estímulos com fontes de desatenção do ambiente (rádio, celular, conversar com passageiros, fumar, dentre outros) quando a tarefa de dirigir não é demandante. De acordo com o IPEA (2015b), considerando a falta de atenção, “é importante conscientizar os motoristas acerca dos perigos, como uso do celular e manuseio de equipamentos de áudio e vídeo durante a direção”.

A partir das técnicas de mineração de dados, observando tanto os trechos de pista dupla quanto de pista simples, percebe-se que a segurança viária tem relação direta com o comportamento humano, como destaca Elvik (2004). Mesmo que se considerem múltiplos fatores de risco relacionado à via (e ao ambiente), ao veículo e à pessoa, a citar condições meteorológicas desfavoráveis, desatenção de pedestres e condições inadequadas da via (IPEA, 2008), o elemento “pessoa” foi o principal fator contribuinte dos acidentes estudados na BR-101 nos anos de 2014 a 2016, tanto em números de acidentes quanto para a gravidade dos mesmos.

Discussão

No quadro mundial de acidentes de trânsito, a OMS (2015a) aponta que o Brasil possui uma taxa estimada de mortalidade de 23,4 por 100 mil habitantes, posicionando o país como o 3º país de mais alta taxa de mortalidade das Américas, ficando atrás somente

de Belize e República Dominicana. A taxa de mortalidade brasileira está próxima à registrada nos países africanos, que apresentam os índices mais altos de fatalidade no trânsito, chegando a uma média de 26,6 vítimas para cada 100 mil habitantes. Na região das Américas, a taxa estimada de mortalidade é de 15,9 por 100 mil habitantes, mais baixa que a taxa global, que possui índice de 17,4 por 100 mil habitantes.

Nos países de renda baixa e média, as taxas de mortalidade por lesões no trânsito são mais do que duas vezes superiores às dos países de alta renda do mundo. Existem registros que metade de todas as mortes no trânsito de todo o mundo ocorre entre os usuários mais vulneráveis do sistema de trânsito – motociclistas (23%), pedestres (22%) e ciclistas (4%); em especial devido à falta de separação das vias no trânsito e à intensificação do tráfego misto. No Brasil, em 2012, os motociclistas, pedestres e ciclistas responderam por respectivamente 28%, 20% e 3% das mortes no trânsito (OMS, 2015a).

A OMS (2015a) também aponta a região das Américas com tendência ascendente na motorização em virtude do desenvolvimento econômico ocorrido em vários países, o que pode ocasionar aumento do número de conflitos no trânsito, implicando em mais acidentes e, assim, em um número maior de mortes. Em 2013, a taxa regional de propriedade de veículos nas Américas foi de 502,5 por 1.000 habitantes, apresentando aumento em relação à taxa de 2010, e o Brasil ficou posicionado em 5º lugar, atrás da Argentina, do Uruguai, do Canadá e dos Estados Unidos.

O Relatório Mundial sobre Prevenção de Lesões Causadas pelo Trânsito produzido pela OMS em conjunto com o Banco Mundial (2004a), e que teve um resumo publicado pelo Ministério da Saúde do Brasil em 2012, classifica as lesões causadas pelo trânsito como um “negligenciado desafio de saúde pública”. O que tradicionalmente era uma responsabilidade do setor de transportes, hoje está na pauta da área de saúde, a qual muito se beneficiaria com ações de prevenção às lesões do trânsito, na medida em que as hospitalizações e as gravidades dos traumas reduzissem (OMS, 2012).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) também desenvolve estudos de segurança de trânsito. Embora o Brasil ainda não faça parte do grupo de países que enviam dados à esta entidade, o Relatório Anual de Segurança de Trânsito 2014 da OCDE contempla cerca de 40 países, incluindo países das Américas, e traz informações como: entre os anos de 2000 e 2012, a taxa anual de mortes registradas pela OCDE diminuiu em 40%, em virtude da implementação de estratégias de segurança viária, a citar controle de velocidade, ingestão de álcool e uso de cinto de segurança, contudo houve limitado sucesso no salvamento de vítimas entre os usuários mais vulneráveis (OCDE, 2014).

Em relatório do Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), o Brasil foi avaliado como um país que possui leis bastante completas no tocante à segurança viária e que a intensificação das ações de fiscalização poderia contribuir para a redução do quadro de acidentes atual. As punições da legislação brasileira sobre o tema são rígidas, contudo há indícios de que a efetividade das leis somente ocorre por meio do aprimoramento da fiscalização (ONSV, 2014a).

A OMS (2015b) afirma em seu relatório global que leis efetivas de segurança viária atuam positivamente no comportamento dos usuários, promovendo a redução de colisões, lesões e mortes no trânsito, principalmente se as leis forem relacionadas aos cinco principais fatores de risco: excesso de velocidade, condução sob o efeito de álcool, não utilização de capacetes pelos motociclistas e não utilização de cintos de segurança e de sistemas de retenção de crianças. As evidências desta efetividade são provenientes de progressos registrados em dezessete países (abrangendo 409 milhões de pessoas), num período de três anos anteriores ao lançamento do relatório da OMS.

Assim como ocorre no ciclo de políticas públicas afetas a outros temas, a formulação de uma política de segurança viária envolve uma ampla gama de participantes com representatividade de vários grupos de interesse (OMS, 2012). A OMS defende uma atuação em rede como necessária, já que apenas a atuação governamental dificilmente gera o resultado esperado, sendo preciso construir um modelo de ação entre vários setores com o envolvimento da iniciativa privada, do terceiro setor e da sociedade (OMS, 2004a).

A partir da “Primeira Conferência Mundial Ministerial sobre Segurança Viária: Tempo de Agir”, com representantes dos países membros da Organização das Nações Unidas (ONU), considerando a situação crítica da acidentalidade no mundo, iniciou-se uma campanha mundial pela redução dos acidentes de trânsito, o que culminou na criação em março de 2010 da “Década de Ações para a Segurança no Trânsito” para o período de 2011 a 2020 (Oliveira, 2016).

Dentro do programa da década da segurança, a OMS conta com a participação de 180 países membros e o compromisso de promover ações objetivando redução dos acidentes de trânsito em 50% e a preservação de cinco milhões de vidas. Nesse sentido, a OMS vem apoiando o desenvolvimento de planos nacionais contemplando cinco pilares, conforme: gestão da segurança viária, vias mais seguras e mobilidade, veículos mais seguros, conscientização dos usuários e resposta ao acidente (ONSV, 2014a).

O Brasil figura entre os países que se comprometeram com o programa da década da segurança da OMS. Pela meta estabelecida, o governo brasileiro pretende reduzir em 50% a quantidade de mortos no trânsito. Em 2010, o Brasil apresentou cerca de 43 mil mortes e terá que em 2020 apresentar apenas 35.156² mortes (ONSV, 2014b). No início da década, em 2010, o número de mortes ao ano tinha uma tendência de crescimento, contudo, em 2015, conforme a Figura 1, começa a apresentar tendência de queda (DATASUS, 2017).

2. ONSV (2014b): “Calculado com base na previsão de 70.311 mortes no trânsito em 2020, por sua vez calculada com base na taxa de crescimento anual das mortes no trânsito no período 2010-2012”.

Em 2011, o programa da década da segurança da OMS foi adaptado para o Brasil visando reduzir o número de acidentes e a melhoria da segurança viária. O Comitê Nacional de Mobilização pela Saúde, Segurança e Paz no Trânsito, coordenado pelo DENATRAN, sugeriu um plano de ações, com objetivos, metas e pilares de implementação; denominado Plano Nacional de Redução de Acidentes para a Década 2011-2020 (ANTP et al., 2011).

Pela caracterização dos acidentes e resultados obtidos na mineração de dados do estudo deste artigo, a causa presumível identificada para os acidentes da BR-101 (a falta de atenção de quem conduz o veículo) se enquadra no pilar da OMS de “conscientização dos usuários” e no pilar do plano de ações do Brasil de “educação”.

Para o Brasil e com o foco de “usuários mais seguros”, segundo Bastos et al. (2016), avanços no campo de legislação são perceptíveis, embora a fiscalização e a educação não estejam no mesmo compasso. Também é apontado que o tripé tradicional do trânsito seguro (engenharia, fiscalização e educação) ainda se mantém como “estratégia para um trânsito com fluidez e sobretudo segurança”.

Para um tema de relevante importância, Alves (2014) argumenta que a agenda governamental dos acidentes de trânsito no Brasil carece de uma janela de oportunidade, apontando que “o tema esteja aguardando uma crise ainda maior do que os mais de 46 mil mortos no trânsito” para que se desencadeiem problemas-soluções. Não obstante, uma conjuntura política favorável poderia colocar o tema em destaque e promover a relação problemas-soluções-políticas em prol da redução de mortes e lesões no trânsito.

O IPEA (2015b) defende a intensificação de políticas públicas voltadas não apenas para redução dos acidentes de trânsito, mas também para a severidade dos acidentes – “os

acidentes nas rodovias apresentam alta severidade por envolverem maior dispersão de energia, em função das elevadas velocidades de circulação”. Nesse sentido, destaca dois grupos de políticas públicas que merecem priorização: o primeiro referente às ações perenes de educação no trânsito e o segundo relacionado às questões regulatórias e estruturas de gestão e fiscalização de trânsito (IPEA, 2015b).

Mesmo com várias dificuldades para a definição de uma agenda que trate de ações para a redução de mortes e lesões no trânsito, numa retrospectiva desde a instituição do “novo” CTB, em 1997, e do compromisso com o programa da OMS (2010), em 2016, a proposta de criação de um plano para redução de mortes e lesões no trânsito vira Projeto de Lei da Câmara (PLC).

O PLC nº 47 (BRASIL, 2016) foi elaborado e tem por objetivo criar o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito – PNATRANS, acrescentando dispositivo à Lei nº 9.503 (BRASIL, 1997), que instituiu o CTB, para dispor sobre regime de metas de redução de índice de mortos no trânsito por grupos de habitantes e de índice de mortos no trânsito por grupos de veículos. Em 31/05/2017, o referido PLC foi remetido à Câmara dos Deputados.

Conclusões

Este trabalho teve por objetivo caracterizar os acidentes de trânsito registrados na base de dados da PRF da rodovia federal que apresentou o mais alto volume registrado de tráfego no período de 2014 a 2016, empregando métodos numéricos e estatísticos, em especial a identificação de regras de associação por meio do algoritmo *Apriori*, disponível na ferramenta de mineração de dados WEKA (WAIKATO, 2000).

De acordo com as premissas definidas para o estudo, a rodovia federal analisada foi a BR-101, com extensão no sentido norte-sul do país, acompanhando o litoral, do estado do RN até o estado do RS. Foi observada redução na quantidade dos acidentes em 2016 com relação aos dados de 2014. O resultado pode apontar para uma melhoria em campanhas educativas junto aos usuários do sistema de trânsito e / ou à intensificação nas operações de fiscalização da PRF ao longo do traçado da rodovia, já que a maior parte das causas presumíveis dos acidentes apresentou relação com o comportamento humano (velocidade incompatível, falta de atenção, não guardar distância de segurança, desobediência à sinalização, dormindo, ingestão de álcool e ultrapassagem indevida).

Com o cruzamento de dados do PNCT, do SNV e das ocorrências de acidentes registrados pela PRF (DNIT, 2017a; DNIT, 2017b; PRF, 2017a), obteve-se a identificação dos segmentos críticos dos acidentes rodoviários da BR-101, separados por pista dupla e pista simples. No caso de pista dupla, o município de Porto Belo em SC apresentou a mais alta taxa de severidade de acidentes; e, no caso de pista simples, foi o município de Serra no ES.

Pela hierarquização e filtragem das ocorrências de acidentes registrados pela PRF, foi possível identificar UFs e municípios que concentraram a maior incidência de acidentes, seja em números totais ou por tipo de acidente, o que indica a necessidade de estudos específicos e aprofundados, principalmente, pela extensão da rodovia BR-101 nos estados de Santa Catarina, Espírito Santo e Rio de Janeiro, avaliando características físicas da via na segurança do tráfego.

Pesquisas anteriores apontam que condições de engenharia da via e do meio ambiente tem relação direta com a frequência e a severidade dos acidentes de trânsito, a citar: traçado (curvas), seção transversal (faixas, acostamento), pavimento, sinalização, áreas

adjacentes (obstáculos, presença de animais na pista), travessias urbanas (presença de pedestres e ciclistas, estacionamento) e condições operacionais (fluxos de tráfego e capacidade) (Fogliatti et al., 2012).

Com a caracterização dos acidentes e a técnica da mineração de dados, buscou-se encontrar os fatores de contribuição dos acidentes na BR-101. Foi realizada separação dos acidentes em bases de dados por sexo de quem conduz o veículo, tipo de pista e gravidade do acidente. Na amostra de dados referente à pista dupla, tanto para condutores do sexo feminino quanto do sexo masculino, evidenciou-se a falta de atenção como principal causa presumível dos acidentes, de onde considera-se como verdadeira a hipótese de que a negligência humana foi a causa decisiva dos acidentes de trânsito na BR-101 no período de 2014 a 2016.

As evidências encontradas quanto à falta de atenção de quem conduz o veículo, assim como também de velocidade incompatível, ultrapassagem indevida e ingestão de álcool, nas causas presumíveis dos acidentes na amostra deste estudo, reforçam a necessidade de investimento em campanhas educativas com o foco no comportamento daqueles que conduzem veículos nas vias públicas, em uma direção defensiva e na obediência às regras de trânsito.

Percebe-se que o Brasil possui uma legislação de trânsito rigorosa, porém as falhas ocorrem em sua implementação e fiscalização. Possivelmente, os usuários de trânsito cometem mais infrações de trânsito por este motivo e colaboram com as condições favoráveis à ocorrência de acidentes.

A partir dos principais fatores contribuintes dos acidentes, teve-se a intenção de analisar ações governamentais para a redução de mortes e lesões no trânsito brasileiro. Foram verificadas condições atuais de legislação e o desempenho do Brasil perante sua meta no programa da OMS da Década de Ações para a Segurança no Trânsito 2011-2020.

Por fim, o estudo desenvolvido neste artigo apresenta contribuições na revisão de literatura e metodologia de pesquisa aplicada, além de ter obtido uma caracterização dos acidentes da BR-101, no período de 2014 a 2016, que pode servir de base para o desenvolvimento de novos estudos sobre segurança viária.

Bibliografia

- » Agrawal, R., Imielinski, T., Swami, A.(1993). Mining association rules between sets of items in large databases. *Proceedings of ACM SIGMOD Conference*, Washington, DC.
- » Aguilera, S., Moysés, S., Moysés, S. (2014). Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática. *Rev Panam Salud Publica*, 36 (4), 257-65.
- » Akishino, P. (2004). *Segurança viária e Meio Urbano*. Trabalho de conclusão de curso (curso de especialização), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR.
- » Alves, E. (2014). A Agenda Governamental Brasileira e a Década de Ações pelo Trânsito Seguro. 20º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), Santos, SP.
- » Andrade, E., Soares, E., Almeida, S., Araújo, A., Pinheiro, W. (2011). Abordagem estatística dos acidentes de trânsito fatais ocorridos em rodovia federal do Estado do Pará, *Revista Brasileira de Segurança Pública*, 5.
- » Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT) (1989). *Pesquisa de Acidentes de Trânsito* (NBR 10697/TB331). Rio de Janeiro, RJ.
- » Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) (2011). *Proposta para o Brasil para redução de acidentes e segurança viária - Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020*. Conselho Estadual para Diminuição de Acidentes de Trânsito e Transportes (CEDATT), Instituto de Engenharia (IE), São Paulo, SP.
- » Bastos, J., Bernadinis, M., Buher, B., Guimarães Jr., P. R. (2016). Uma retrospectiva acerca do desempenho brasileiro no contexto da década mundial de ações para a segurança viária. *XXX Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET)*, Rio de Janeiro, RJ.
- » Borgelt, C., Kruse, R. (2002). Induction of association rules: Apriori implementation. *15th Conference on Computational Statistics*, Berlim, Alemanha.
- » Branco, A. (1999). *Segurança rodoviária*, CL-A Cultural, São Paulo, SP.
- » Brasil. Lei no 4.592 de 29 de dezembro de 1964, que aprovou o Plano Nacional de Viação, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L4592.htm (acessado em 20/03/2018).
- » Brasil. Lei no 9.503 de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro, disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm (acessado em 01/11/2017).
- » Brasil. Lei no 12.379 de 06 de janeiro de 2011, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Viação – SNV e dá outras providências, disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/l12379.htm (acessado em 01/11/2017).
- » Brasil. Projeto de Lei da Câmara nº 47 de 2016, que cria o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito – PNATRANS e acrescenta dispositivo à Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997, disponível em: www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/126649 (acessado em 01/11/2017).

- » Coelho, H. (1999). *Análise da influência das características físico-operacionais das vias na ocorrência de acidentes de trânsito nas rodovias federais*. Dissertação (mestrado), Universidade de Brasília (UNB), Brasília, DF.
- » Confederação Nacional Do Transporte (CNT) (2016). *Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial*. Disponível em [http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf) (acessado em 04/01/2018).
- » Costa, J., Bernardini, F., Viterbo Filho, J. (2014). A mineração de dados e a qualidade de conhecimentos extraídos dos boletins de ocorrência das rodovias federais brasileiras. *ATOZ: Novas Práticas em Informação e Conhecimento*, 3 (2).
- » Cruz, M. (2013). *Os impactos dos acidentes de trânsito por lesão corporal na vida dos vitimados*. Dissertação (mestrado), Universidade da Amazônia (UNAMA), Belém, PA.
- » Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (2008). *CID-10:V01-V99 Acidentes de transportes*. Disponível em: www.datasus.gov.br/cid10/V2008/WebHelp/v01_v99.htm (acessado em 07/01/2018).
- » Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (2009). *Indicadores e Dados Básicos para a Saúde – Tema do Ano: situação e tendências da violência no trânsito no Brasil*. DATASUS, Brasília, DF.
- » Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (2017). *Estatísticas de óbitos em acidentes de trânsito*. Disponível em: www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02 (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF) (2017a). *Acidentes em rodovias federais*. Disponível em: www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes/acidentes (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF) (2017b). *PRF registra redução de 6,8% no número de óbitos nas rodovias federais em 2016*. Disponível em: www.prf.gov.br/portal/noticias/prf-registra-reducao-de-6-8-no-numero-de-obitos-nas-rodovias-federais-em-2016d (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF) (2017c). *Dicionário de variáveis - acidentes agrupados por ocorrência (até 2016)*. Disponível em: www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes/dicionario-de-variaveis-por-ocorrencia (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento de Polícia Rodoviária Federal (PRF) (2017d). *Dicionário de variáveis - acidentes agrupados por pessoa (até 2016)*. Disponível em: www1.prf.gov.br/arquivos/index.php/s/O2B79mMqJr74zoZ#pdfviewer (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER) (2001). *Projeto de ampliação de capacidade rodoviária das ligações com os países do Mercosul – BR 101 Florianópolis (SC) – Osório (RS) – Projeto básico ambiental – Programa de melhoria das travessias urbanas*. DNER/IME, Brasília, DF.
- » Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006). *Metodologia para tratamento de acidentes de tráfego em rodovias*. Disponível em <https://189.9.128.64/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/convenio-242006-produto-complementar-2.pdf> (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2007). *Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas*. Disponível em www.dnit.gov.br

- gov.br/download/rodovias/rodovias-federais/terminologias-rodoviaras/terminologias-rodoviaras-versao-11.1.pdf (acessado em 01/11/2017).
- » Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2009a). *Metodologia para identificação de segmentos críticos*. Disponível em www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/convenios-com-a-ufsc/do1282nea-fase-1-produto-1.pdf (acessado em 01/11/2017).
 - » Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010). *Manual de sinalização rodoviária*. 3ª edição, DNIT, Rio de Janeiro, RJ.
 - » Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2017a). *Plano Nacional de Contagem de Tráfego*. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct> (acessado em 01/11/2017).
 - » Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2017b). *PNV e SNV – versão SNV 201612A*. Disponível em: www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao (acessado em 01/11/2017).
 - » Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (1987). *Manual de identificação análise e tratamento de pontos negros*. DENATRAN, Brasília, DF.
 - » Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (2000). *Manual de procedimentos do Sistema Nacional de Acidentes de Trânsito – SINET*. DENATRAN, Brasília, DF.
 - » Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (2017). *Estatística de frota de veículos*. Disponível em www.denatran.gov.br/estatistica/237-frota-veiculos (acessado em 01/11/2017).
 - » Elvik, R. (2004). To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies? *Accident Analysis and Prevention*, 36 (5), 841-849.
 - » Elvik, R., Vaa, T., Høy, A., Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures*. 2ª edição, Emerald Group Publishing, Bingley, UK.
 - » Empresa de Planejamento e Logística (EPL) (2016). *Transporte inter-regional de carga no Brasil - Panorama 2015*. Disponível em www.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015 (acessado em 01/11/2017).
 - » Empresa de Planejamento e Logística (EPL) (2018). *Portal GeoLogística – Download (Shapefile de Rodovias Federais SNV20173A)*. Disponível em <https://geo.epl.gov.br/portal/home/item.html?id=c8cbe57118cf42bba73365318459d4f1> (acessado em 27/03/2018).
 - » Fayyad, U., Platestsky-Shapiro, G., Smyth, P. (1996). From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview. *American Association for Artificial Intelligence*, 17 (3), 1-30.
 - » Fogliatti, M., Tamayo, A., Sinay, L. (2012). Avaliação de características físicas e ambientais viárias associadas ao transporte de cargas: o caso do corredor rodoviário Cento-Oeste Brasileiro. *Revista Geografares*, 13, 135-159.
 - » Góes, J. (1983). *Métodos de Identificação e Seleção de Locais de Alto Risco de Acidentes de Trânsito. Estudo e Recomendações para Aplicação em Cidades Brasileiras*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campina Grande, PB.
 - » Gold, P. (1998). *Segurança de trânsito: aplicações de engenharia para reduzir acidentes*. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), São Paulo, SP.
 - » Goldschmidt, R., Passos, E. (2005) *Data Mining: um guia prático*. Campus, Rio de Janeiro, RJ.

- » Haddon, W. (1980). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Report*, 95 (5), 411-421.
- » Honorato, C. (2009) *O trânsito em condições seguras*. Millennium, Campinas, SP.
- » Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística (IBGE) (2017). Divisões Regionais do Brasil. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>> (acessado em 27/03/2018).
- » Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2006). *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. IPEA/DENATRAN/ ANTP, Brasília, DF.
- » Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2008). *Fatores condicionantes da gravidade dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. IPEA/DENATRAN/ ANTP, Brasília, DF.
- » Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2015a). *Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea*. IPEA, Brasília, DF.
- » Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2015b). *Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras: Caracterização, Tendências e Custos para a Sociedade*. IPEA, Brasília, DF.
- » Lemes, E. (2002). *Trânsito e comunidade: um estudo prospectivo na busca da redução de acidentes*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC.
- » Macêdo, G. (2006). Subjetividade e conflitos no trânsito urbano: desafios às políticas públicas de educação e promoção de saúde. *Cadernos ESP*, 2 (1), 20-8.
- » Markov, Z., Larose, D. (2007). *Data Mining the Web: Uncovering Patterns in Web Content, Structure, and Usage*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- » Menezes, F. (2001). *Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ.
- » Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA) (2002). *Manual de Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de Trânsito*. MTPA, Brasília, DF.
- » Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV) (2014a). *Retrato da Segurança Viária no Brasil*. ONSV, São Paulo, SP.
- » Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV) (2014b). *Segurança viária no Brasil (2000-2012): Estatísticas, tendências e desafios*. ONSV, São Paulo, SP.
- » Oliveira, A. (2016). *ONU – Década de Ações para a Segurança no Trânsito 2011 – 2020*. Câmara dos Deputados, Brasília, DF.
- » Oliveira, M. (2008). *O impacto da utilização de medidores eletrônicos de velocidade na redução de acidentes de trânsito em área urbana*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG.
- » Open Source Desktop GIS (QGIS) (2018). QGIS 3.0.0-Girona, disponível em www.qgis.org/en/site/forusers/download.html (acessado em 20/03/2018).
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2004a). *World report on road traffic injury prevention*. OMS/Banco Mundial, Geneva.
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2004b). *World report on road traffic*

injury prevention: summary. OMS/Banco Mundial, Geneva.

- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2010). *Data systems: a road safety manual for decision-makers and practioners.* OMS, Geneva.
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2012). *Relatório Mundial sobre Prevenção de Lesões Causadas pelo Trânsito: Resumo.* OPAS/OMS-MS, Brasília, DF.
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2014). *Injuries and violence: the facts 2014.* OMS, Geneva.
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2015a). *Relatório Global sobre o Estado da Segurança Viária 2015.* Disponível em: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189242/1/9789241565066_eng.pdf (acessado em 01/11/2017).
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2015b). *Sumário do Relatório Global sobre o Estado da Segurança Viária 2015.* Disponível em: www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRRS2015_POR.pdf (acessado em 01/11/2017).
- » Organização Mundial da Saúde (OMS) (2017). *Road traffic injuries.* Disponível em: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/en/ (acessado em 04/01/2018).
- » Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) (2001). *Prevenção de lesões causadas pelo Trânsito.* OPAS/OMS-MS, Brasília, DF.
- » Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) (2011). *Prevenção de lesões causadas pelo trânsito: Manual de Treinamento.* OPAS/OMS-MS, Brasília, DF.
- » Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) (2012). *Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área.* OPAS/OMS-MS, Brasília-DF.
- » Organização Para A Cooperação E Desenvolvimento Econômico (OCDE) (2014) *IRTAD: An International Expert Network and Database on Road Safety Data.* OECD Publishing, Paris.
- » Reis, C., Silva, J., Maia, L. (2015). O uso da descoberta de conhecimento em banco de dados nos acidentes da BR-381. *XVI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XVI ENANCIB)*, Anais, João Pessoa, PB.
- » Rud, O. (2001). *Data mining cookbook: modeling data for marketing, risk, and customer relationship management.* Willey Computer Publishing, New York, NY.
- » Schmitz, A., Goldner, L. (2012). Aplicação de análise de métodos de cálculo de segmentos críticos de rodovias em interface GIS. *Rede Ibero-Americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens*, Artigos Científicos, disponível em <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2012-1/707-metodos-de-calculo-de-segmentos-criticos-panam-2012/file> (acessado em 01/11/2017).
- » Shinar, D. (2007). *Traffic Safety and Human Behavior.* Elsevier, Amsterdam, Holanda.
- » Silva, A. C. (2014). *Educação no Trânsito e Mobilidade Urbana.* Dissertação (mestrado), Universidade Paulista (UNIP), Maceió, AL.
- » Silva, A. (2011). *As mudanças sociais derivadas da duplicação da BR 101 na área urbana do município de Mamanguape-PB.* Trabalho de conclusão de curso (curso de Geografia), Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Guarabira, PB.
- » Silva, E. (2009). *Governo Eletrônico na Segurança Pública: construção de um sistema nacional de conhecimento.* Dissertação (mestrado), Universidade

Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC.

- » Silva, E., Rover, A. (2011). O processo de descoberta do conhecimento como suporte à análise criminal: minerando dados da segurança pública de Santa Catarina. *International Conference on Information Systems and Technology Management*, Anais da International Conference on Information Systems and Technology Management, vol. 8, São Paulo, SP.
- » Universidade de Waikato (WAIKATO) (2000). *Weka Knowledge Explorer – Waikato Environment for Knowledge Analys*. WAIKATO, Nova Zelândia.
- » Vasconcelos, E. (1985). *O que é trânsito?*, 3a ed., Brasiliense, São Paulo, SP.
- » Yagil, D. (1998). Instrumental and normative motives for compliance with traffic laws among young and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 30 (4), 417-424.

Lilian Campos Soares / lilian.soares@epl.gov.br

Graduada em Informática pela Universidade de Fortaleza (1997), Mestranda em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação (MGCTI) pela Universidade de Católica de Brasília, aluna especial do Programa de Pós-Graduação em Transportes (PPGT) da Universidade de Brasília, Coordenadora do Observatório Nacional de Transporte e Logística da Empresa de Planejamento e Logística (EPL).

Hércules Antônio do Prado / hercules@ucb.br

Graduado em Processamento de Dados pela Universidade Federal de São Carlos (1976), Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro (1989) e Doutor em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2001), com estágio doutoral na University of Pittsburgh, EUA (1999). É professor da Universidade Católica de Brasília, onde atua no Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação (MGCTI).

Remis Balaniuk / remis@ucb.br

Tecnólogo em Processamento de Dados pela Universidade de Brasília (1986), Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1989) e Doutor em Informática pelo Institut National Polytechnique de Grenoble - França (1996). É professor da Universidade Católica de Brasília, onde atua no Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação (MGCTI), e auditor do Tribunal de Contas da União.

Edilson Ferneda / eferneda@pos.ucb.br

Graduado em Tecnologia de Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1979), Mestre em Sistemas e Computação pela Universidade Federal da Paraíba (1988) e Doutor em Ciência da Computação pelo Laboratoire d'Informatique, Robotique et de Microélectronique de Montpellier, França (1992). É professor titular da Universidade

Católica de Brasília, onde atua no Curso de Bacharelado em Ciência da Computação e no Mestrado em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação (MGCTI).

Adriano De Bortoli / adbortoli@gmail.com

Graduado em Direito pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1996), Mestre (2000) e Doutor (2011) em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina, com estágio doutoral no Departamento de Filosofía del Derecho da Universidad de Granada (2009/2010). É Professor Pesquisador Colaborador Pleno do Programa de Pós-Graduação em Transportes da Universidade de Brasília e Professor Colaborador da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP).