



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES

**MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ACIDENTES ENVOLVENDO
TRATORES NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS QUE CORTAM O
ESTADO DE MINAS GERAIS**

FORTALEZA

2015

JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ACIDENTES ENVOLVENDO TRATORES
NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS QUE CORTAM O ESTADO DE MINAS
GERAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- L853m Lopes, José Evanaldo Lima.
 Mapeamento e caracterização de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais
 brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais / José Evanaldo Lima Lopes. – 2015.
 84f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
 Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
 Fortaleza, 2015.
 Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.
 Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
1. Mecanização agrícola. 2. Distribuição geográfica. 3. Causa de acidentes. I. Título.

JOSÉ EVANALDO LIMA LOPES

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE ACIDENTES ENVOLVENDO TRATORES
NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS QUE CORTAM O ESTADO DE MINAS
GERAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do Título
de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de
concentração: Engenharia de Sistemas
Agrícolas.

Aprovada em: 06/02/2015.

BANCA EXAMINADORA



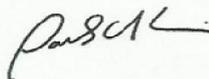
Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli

Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

DEDICO

A Deus, a minha família, em especial aos meus pais José Evandro Sousa Lopes e Maria Imaculada Lima Lopes e a minha noiva Mara Alice Maciel dos Santos

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por me conceder o dom da vida, saúde e força para vencer os obstáculos dessa caminhada.

Aos meus pais José Evandro Sousa Lopes e Maria Imaculada Lima Lopes, pela confiança, dedicação, carinho e compreensão necessária para conclusão do curso de Mestrado em Engenharia Agronomia.

À minha noiva Mara Alice Maciel dos Santos pela compreensão, apoio e carinhos dedicados nos momentos difíceis e alegres pelos que enfrentei no período do curso de mestrado.

A todos os meus familiares que direto ou indiretamente contribuíram em minha caminhada, incentivando a continuar sempre em busca dos meus objetivos.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de realização do curso de Mestrado em Engenharia Agrícola.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela confiança, amizade, orientação e apoio na realização desse trabalho.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudo, permitindo assim uma dedicação integral à pesquisa de mestrado.

Aos Professores da área de concentração em Engenharia de Sistemas Agrícolas Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Prof. Dr. Daniel Albiero e Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli pela paciência, pelo conhecimento transmite nas aulas.

Ao programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar o curso de mestrado em Engenharia Agrícola.

Aos colegas de grupo Mara Alice, Wesley Araujo, Maria de Paula, Devielison Macedo, Nivanda Estevam, Viviane Santos, Isabela Lima, Ricardo Bruno, João Neto, Renata Queiroz, Carla Batista, Enio Costa e Yves Vasconcelos, pelo companheirismo nas atividades do LIMA, pela ótima convivência, pela troca de experiências e pela amizade que ultrapassa os muros da Universidade.

A os funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, muito obrigado, a todos que de alguma forma colaboraram para esse momento.

Enfim, a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

RESUMO

LOPES, José Evanaldo Lima, Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2015. **Mapeamento e caracterização de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais.** Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Conselheiros: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani.

Um dos principais fatores responsáveis pelo crescente desenvolvimento do setor agrícola brasileiro foi à inserção da mecanização agrícola na agricultura, onde o trator foi o elemento fundamental, no entanto, com o aumento do número de tratores, passaram a ocorrer muitos acidentes envolvendo essas máquinas durante o deslocamento nas estradas e em realização das operações nas lavouras. Embora seja comum a ocorrência de acidentes envolvendo tratores agrícolas e não agrícolas nas rodovias federais brasileiras, não existe um levantamento da distribuição geográfica dos pontos de ocorrências e a caracterização destes acidentes no país e principalmente, no estado de Minas Gerais que apresenta dentre algumas características um extensa malha rodoviária e uma localização estratégica com vias importantes interligando grandes centros econômicos do país. Objetivou-se no presente trabalho realizar o mapeamento e a caracterização dos acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais. A presente pesquisa foi realizada no Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), com 148 dados de acidentes envolvendo tratores coletados de janeiro de 2008 a setembro de 2011 e obtidos através de parceria entre o LIMA e a 16ª Superintendência da Polícia Rodoviária Federal – PRF do estado do Ceará. Para o mapeamento dos pontos dos acidentes foi utilizado o software ArcGIS 9.3[®], a caracterização foi realizada por estatística descritiva de análise de frequência e para analisar a dependência espacial entre os atributos avaliados foi utilizado o software Gs+[®]. A partir dos resultados foi possível concluir que uso de ferramentas de SIG mostrou-se eficiente para o mapeamento dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais, a mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte apresentou maior número de acidentes com 53 ocorrências, os tratores de rodas foram responsáveis por 129 acidentes, a rodovia federal com maior registro de acidentes foi a BR 381 com 40 acidentes, no período da tarde ocorreram 62 acidentes, as colisões foram responsáveis por 114 acidentes. A faixa etária de operadores que mais se envolveram em acidentes foi entre 20 a 29 anos, a causa de acidentes mais observada foi a falta de atenção com 54 casos e 93 acidentes ocorreram em condições meteorológicas de céu claro e com boa visibilidade. A técnica de krigagem mostrou-se eficiente no estudo dos acidentes com tratores no estado de Minas Gerais.

Palavras-chave: Mecanização agrícola. Distribuição geográfica. Causa de acidentes.

ABSTRACT

LOPES, José Evanaldo Lima, Federal University of Ceará. February 2015. **Mapping and characterization of accidents involving tractors in the Brazilian federal highways that cross the state of Minas Gerais.** Advisor: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Directors: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani.

One of the main factors responsible for the increasing development of the Brazilian agricultural sector was the inclusion of agricultural mechanization in agriculture, where the tractor was the key element, however, with the increase in the number of tractors, now occur many accidents involving these machines during displacement on the roads and in carrying out operations in the fields. While it is common accidents involving tractors and non-agricultural in the Brazilian federal highways, there is a survey of the geographical distribution of the occurrence points and the characterization of these accidents in the country and especially in the state of Minas Gerais, which presents some characteristics from one extensive road network and a strategic location with important roads linking major economic centers of the country. The objective of this paper perform the mapping and characterization of accidents involving tractors in federias highways crossing the state of Minas Gerais. This research was conducted in the Accident Research Laboratory with Agricultural Machinery (LIMA), belonging to the Federal University of Ceará (UFC), with 148 accidents involving data collected tractors from January 2008 to September 2011 and obtained through a partnership between the LIMA and the 16th Superintendence of the Federal Highway Police - PRF state of Ceará. For the mapping of points of accidents was used ArGIS 9.3® software, the characterization was performed by descriptive statistics of frequency analysis and to analyze the spatial dependence of the evaluated attributes was used Gs + ® software. From the results it was concluded that use of GIS tools proved to be effective in the mapping of accidents with tractors in federias highways in the state of Minas Gerais, the Metropolitan mesoregion of Belo Horizonte highest number of accidents with 53 occurrences, tractors wheels were responsible for 129 accidents, the federal highway with highest record of accidents was BR 381 with 40 accidents, in the afternoon there were 62 accidents, collisions accounted for 114 accidents. The age group most operators involved in accidents was between 20 to 29 years, the cause of most accidents observed was the lack of attention, with 54 cases and 93 accidents occurred weather conditions from clear skies and good visibility. Kriging technique was efficient in the study of accidents with tractors in the state of Minas Gerais.

Keywords: Agricultural mechanization. Geographical distribution. Cause of accidents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mesorregiões do estado de Minas Gerais	33
Figura 2 – Trator de rodas	34
Figura 3 – Trator misto	34
Figura 4 – Trator de esteira	35
Figura 5 – Mapeamento dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais	45
Figura 6 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.....	47
Figura 7 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	48
Figura 8 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Vale do Rio Doce.....	49
Figura 9 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Zona da Mata	50
Figura 10 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Norte de Minas	51
Figura 11 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas	52
Figura 12 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Central Mineira.....	53
Figura 13 – Mapeamento dos acidentes na mesorregião Noroeste de Minas	54
Figura 14 – Distribuição dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais.....	55
Figura 15 – Tipos de trator envolvidos em acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais.....	57
Figura 16 – Número de acidente por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais	59
Figura 17– Período do dia de ocorrência dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais.....	61
Figura 18 – Tipos de acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais	62
Figura 19 – Faixa etária dos operadores envolvidos nos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais.....	64
Figura 20 – Causas dos acidentes com tratores nas rodovias do estado de Minas Gerais.	66
Figura 21 – Condições meteorológicas no momento dos acidentes com	

tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais.....	68
Figura 22– Semivariograma dos tipos de acidentes com tratores no estado de Minas Gerais.....	72
Figura 23 – Semivariograma da faixa etária dos operadores acidentados no estado de Minas Gerais.....	72
Figura 24 – Semivariograma das causas dos acidentes com tratores no estado de Minas Gerais.....	73
Figura 25 – Semivariograma das condições meteorológicas no momento de ocorrência dos acidentes no estado de Minas Gerais.....	73
Figura 26 – Semivariograma das rodovias em que ocorreram os acidentes no estado de Minas Gerais.....	73
Figura 27 – Semivariograma do período do dia em que ocorreram os acidentes nas rodovias federais no estado de Minas Gerais.....	73
Figura 28 – Mapa de krigagem do atributo tipos de acidentes.....	74
Figura 29 – Mapa de krigagem do atributo faixa etária dos operadores acidentados.....	74
Figura 30 – Mapa de krigagem do atributo causas dos acidentados.....	75
Figura 31 – Mapa de krigagem do atributo condições meteorológicas.....	75
Figura 32 – Mapa de krigagem do atributo rodovias federais.....	75
Figura 33 – Mapa de krigagem do atributo período do dia em que ocorreram os acidentes.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – As principais rodovias federais brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais	20
Tabela 2 – Rodovias federais que cortam estado de Minas Gerais e extensão em Km.....	35
Tabela 3 – Classificação e descrição dos períodos do dia de ocorrência dos acidentes em MG.....	36
Tabela 4 – Classificação e definição dos tipos de acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais.....	37
Tabela 5 – Classificação da faixa etária dos operadores de tratores acidentados	38
Tabela 6 – Classificação das causas dos acidentes nas rodovias federais no estado de Minas Gerai	39
Tabela 7 – Classificação das condições meteorológicas no momento de ocorrência dos acidentes nas rodovias federais no estado de Minas Gerais	40
Tabela 8 – Análise de frequência da distribuição de acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais.....	56
Tabela 9 – Análise de frequência dos tipos de tratores envolvidos nos acidentes no estado de Minas Gerais.....	58
Tabela 9 – Análise de frequência dos tipos de tratores envolvidos nos acidentes no estado de Minas Gerais.....	58
Tabela 10 – Análise de frequência do número de acidente por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais.....	59
Tabela 11 – Análise de frequência do período do dia de ocorrência dos acidentes.....	61
Tabela 12 – Análise de frequência dos tipos de acidentes.....	63
Tabela 13 – Análise de frequência da faixa etária dos operadores acidentados.....	65
Tabela 14 – Análise de frequência das causas dos acidentes.....	67
Tabela 15 – Análise de frequência das condições meteorológicas no momento de ocorrência dos acidentes.....	68
Tabela 16 – Análise descritiva dos acidentes com tratores nas rodovias	

federais do estado de Minas Gerais.....	69
Tabela 17 – Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas para os acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAT	Boletim de Acidente de Trânsito
CNH	Carteira Nacional de Habilitação
DNI	Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Índice de Dependência Espacial
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas
MG	Minas Gerais
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PNV	Plano Nacional de Viação
PRF	Polícia Rodoviária Federal
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TDP	Tomada de Potência
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Dados gerais do estado de Minas Gerais	18
2.2	Rodovias federais no estado de Minas Gerais	19
2.3	O trator	21
2.4	Tipos e causas dos acidentes envolvendo tratores	23
2.5	Circulação de máquinas e tratores agrícolas em vias públicas	27
2.6	SIG com ferramenta no estudo de acidentes com tratores	29
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Local de condução do estudo	31
3.2	Caracterização da área de abrangência do estudo	31
3.3	Descrição da coleta dos dados	31
3.4	Mapeamento dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais	32
3.5	Informações dos acidentes	33
3.5.1	Classificação dos tratores	34
3.5.2	Rodovias federais em Minas Gerais.....	35
3.5.3	Período do dia	36
3.5.4	Tipos de acidentes com tratores.....	36
3.5.5	Faixa etária.....	38
3.5.6	Causas dos acidentes	39
3.5.7	Condições meteorológicas no momento do acidente.	40
3.6	Análise estatística	40
3.6.1	Análise de frequência	40
3.6.2	Análise de geoestatística.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	Mapeamento dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais	45
4.1.1	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte	46
4.1.2	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	48

4.1.3	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Vale do Rio Doce.....	49
4.1.4	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Zona da Mata	50
4.1.5	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Norte de Minas	51
4.1.6	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas	52
4.1.7	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Central Mineira	53
4.1.8	Mapeamento dos acidentes na mesorregião Noroeste de Minas	54
4.2	Distribuição dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais.....	55
4.3	Classificação dos tratores envolvidos em acidentes nas BRs que cortam o estado de Minas Gerais.....	57
4.4	Número de acidentes por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais	58
4.5	Período do dia de ocorrência dos acidentes.....	60
4.6	Classificação dos tipos de acidentes.....	62
4.7	Faixa etária dos operadores.....	64
4.8	Causa dos acidentes.....	66
4.9	Condições meteorológicas no momento dos acidentes	67
4.10	Análises geoestatística dos acidentes com tratores no estado de Minas Gerais	69
4.11	Considerações finais.....	76
5	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

Para suprir a demanda de alimentos gerada pelo aumento da população mundial, principalmente, nos grandes centros urbanos, a agricultura está passando por transformações em relação ao desenvolvimento de novas tecnologias para auxiliar o produtor rural no preparo do solo e condução das lavouras. A implementação de tecnologias no campo possibilitou aumento da produção agrícola para abastecer um mercado consumidor exigente tanto em quantidade como em qualidade de produtos agrícolas, colaborando para o uso racional dos recursos naturais disponibilizados e diminuindo a necessidade de abertura de novas áreas de cultivo.

A agricultura brasileira também acompanhou essa evolução tecnológica, ao ponto do Brasil ser considerado um dos principais países produtores de alimentos do mundo. Um dos principais fatores responsáveis pelo crescente desenvolvimento do setor agrícola brasileiro foi à inserção da mecanização na agricultura, onde o trator foi o elemento fundamental dessa mudança no campo, no entanto, com o aumento do número de tratores, passaram a ocorrer muitos acidentes envolvendo os operadores dessas máquinas e demais pessoas, durante o deslocamento nas estradas dentro e fora das propriedades agrícolas e na realização das operações nas lavouras de cultivo.

O trator é uma máquina que apresenta grande versatilidade, podendo ser empregado no campo para o preparo do solo, colheita, transporte de produtos, equipamentos dentre outras funções indispensáveis para uma boa condução da lavoura. Nas cidades os tratores são usados em obras de mobilidade urbana em terraplanagem para construção de rodovias, túneis e viadutos. Trator é uma máquina rústica e que caso não seja realizados as manutenções adequadas e os procedimentos de segurança durante sua operação, pode pôr em risco a vida do seu operador, bem como de outras pessoas próximas ao ambiente de trabalho ou em vias de circulação pública, portanto, para conduzir um trator é necessário realizar cursos de capacitação para adquirir conhecimento técnico sobre a máquina e sobre os principais fatores que possam colaborar para a ocorrência de acidentes, com o intuito de operá-lo corretamente e evitar os acidentes.

No Brasil, com a modernização da agricultura e o crescimento exagerado das grandes cidades, houve um acréscimo significativo no número de tratores em circulação em rodovias. Em regiões próximas a grandes áreas de cultivo e de obras de mobilidade urbana nas grandes cidades, é comum a circulação de tratores em vias públicas, dividindo espaço com caminhões, automóveis, motocicletas e demais veículos em circulação. No entanto, ainda

não há a disseminação da atitude por parte da maioria dos proprietários de tratores de realizar o transporte dessas máquinas em cima de caminhões prancha ou carretas, pois essas máquinas desenvolvem velocidades abaixo da permitida pelos órgãos de trânsito para circularem nas vias e possuem dimensões que podem não está de acordo com as regras de circulação, podendo ocasionar congestionamentos e acidentes graves.

Diversos fatores podem colaborar para a ocorrência de acidentes com tratores, tanto nas estradas vicinais entre as propriedades rurais ou nas rodovias federais brasileiras em trecho de tráfego mais intenso próximo aos centros urbanos. Falhas mecânicas nos tratores, falta de manutenção preventiva e operadores sem capacitação podem contribuir para a ocorrência de acidentes. Outro fator importante a ser destacado, relaciona-se à questão humana, ou seja, o operador depois de uma jornada de horas de trabalho nos campos de cultivos ou em canteiros de obras, encontra-se cansado podendo apresentar reflexos mais lentos ficando mais susceptíveis a envolver-se em acidentes graves.

No Brasil existem poucos estudos focados em acidentes envolvendo tratores e máquinas agrícolas em circulação em vias, o que justifica a realização de pesquisas científicas nesse campo. Embora seja comum a ocorrência de acidentes envolvendo tratores agrícolas e não agrícolas nas rodovias federais brasileiras, não existe levantamento da distribuição geográfica dos pontos de ocorrências e a caracterização destes acidentes no país e principalmente, no estado de Minas Gerais, que apresenta dentre algumas características uma extensa malha rodoviária e uma localização estratégica com rodovias importantes interligando grandes centros econômicos do país.

Objetivou-se neste trabalho realizar o mapeamento e a caracterização dos acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, referentes aos indicadores: mesorregião do estado com maior número de acidentes, tipo de trator envolvido no acidente, número de acidente por rodovia, período do dia de ocorrência dos acidentes, tipo de acidente, faixa etária dos operadores acidentados, causas dos acidentes e condições meteorológicas no momento dos acidentes, utilizando ferramentas de geostatística.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dados gerais do estado de Minas Gerais

O estado de Minas Gerais está localizado na região Sudeste da República Federativa do Brasil, possui uma superfície de 586.522,122 km², uma população de 19.597.330 habitantes no ano de 2010 e uma população estimada para 2014 de 20.734.097 habitantes, apresenta uma densidade demográfica de 33,41 (hab/km²). O estado é composto por 853 municípios, tendo como capital a cidade de Belo Horizonte e apresentou em 2010 um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM de 0,731 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2014).

O estado de Minas Gerais apresenta o relevo predominantemente dividido em planaltos e depressões. As formações de planaltos estão distribuídas na Serra do Espinhaço, Quadrilátero Ferrífero, Chapadas do Jequitinhonha, Chapadas do São Francisco, Planaltos do Leste e Sul de Minas, e Planaltos da Bacia do Paraná. As depressões são as seguintes: São Francisco, Jequitinhonha, Rio Doce e Paraíba do Sul (IBGE, 1993).

O Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) dividiu o estado de Minas Gerais em 12 mesorregiões. De acordo com o órgão, este sistema de divisão tem aplicações importantes na elaboração de políticas públicas e no subsídio ao sistema de decisões quanto à localização de atividades econômicas, sociais e tributárias. Contribuem também, para as atividades de planejamento, estudos e identificação das estruturas espaciais de regiões metropolitanas e outras formas de aglomerações urbanas e rurais. As 12 mesorregiões estabelecidas pelo IBGE para Minas Gerais são as seguintes: Noroeste de Minas, Norte de Minas, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Central Mineira, Metropolitana de Belo Horizonte, Vale do Rio Doce, Oeste de Minas, Sul e Sudoeste de Minas, Campos das Vertentes e Zona da Mata (GEMG, 2014).

De acordo com dados do último censo agropecuário realizado no país pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o estado de Minas Gerais no ano de 2006 contava com 92.042 tratores nos estabelecimentos rurais, desse total 66.276 tratores com potência inferior a 100 cv e 25.766 tratores com potência superior a 100 cv (IBGE 2006). Entre 2000 e 2012, as vendas de maquinários e implementos agrícolas tiveram aumento de 115% no Brasil. O Programa de Modernização de Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeira (Moderfrota) desempenhou importante papel nesse índice de aumento (DIEESE, 2012).

2.2 Rodovias federais no estado de Minas Gerais

De acordo com informações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2014), a nomenclatura das rodovias federais brasileiras é definida pela sigla BR, que significa que a rodovia é federal, seguida por três algarismos. O primeiro algarismo indica a categoria da rodovia, de acordo com as definições estabelecidas no Plano Nacional de Viação (PNV). Os dois outros algarismos definem a posição, a partir da orientação geral da rodovia, relativamente à Capital Federal Brasília e aos limites do País (norte, sul, leste e oeste). As categorias estão distribuídas a saber: rodovias radiais (BR-0XX) – o sentido de quilometragem vai do Anel Rodoviário de Brasília em direção aos extremos do país, e tendo o quilometro zero de cada estado no ponto da rodovia mais próximo à capital federal, rodovias longitudinais (BR-1XX) – o sentido de quilometragem vai do norte para o sul, rodovias transversais (BR-2XX) – o sentido de quilometragem vai do leste para o oeste, rodovias diagonais (BR-3XX) – a quilometragem se inicia no ponto mais ao norte da rodovia indo em direção ao ponto mais ao sul e as rodovias de ligação (BR-4XX) – geralmente a contagem da quilometragem segue do ponto mais ao norte da rodovia para o ponto mais ao sul. No caso de ligação entre duas rodovias federais, a quilometragem começa na rodovia de maior importância.

Minas Gerais tem a maior malha rodoviária do Brasil, equivalente a 16% de toda a malha viária existente no país. No estado, são 269.546 km de rodovias e deste total, 7.689 km são de rodovias federais, 23.663 km de rodovias estaduais, e 238.191 km, de rodovias municipais. Quanto às características das estradas, a malha federal é toda pavimentada. A estadual se divide em 13.995 km pavimentados e 9.724 km não pavimentados. As maiorias das rodovias municipais não apresentam pavimentação (GEMG, 2014).

Com a expansão da malha rodoviária mineira, ganhou destaque a mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, pois a mesma expandiu-se economicamente devido à atividades agroindustriais, em destaque, a pecuária extensiva e a alta produção de grãos, surgindo a necessidade da construção de uma rede rodoviária que possibilitasse o transporte de mercadorias, bens, serviços e pessoas, não apenas para esta região mineira, mas a todo território nacional (BERNADES; FERREIRA, 2013).

Belo Horizonte situa-se no entroncamento de grandes rodovias federais que cortam o estado, o que permite a integração de Minas Gerais com os maiores centros urbanos do País e com os principais mercados (Tabela 1). As distâncias entre Belo Horizonte e algumas capitais são as seguintes: Brasília (716 km), São Paulo (586 km), Rio de Janeiro (434

km), Vitória (524 km), Salvador (1.372 km), Fortaleza (2.528 km) e Porto Alegre (1.712 km) (GEMG, 2014).

Tabela 1 - As principais rodovias federais brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais

BRs em Minas Gerais	Cidades por onde passam as BRs no estado
BR 040	Partindo de Belo Horizonte, atravessa o Noroeste de Minas Gerais ligando Belo Horizonte à capital federal. No outro sentido, passando pela Zona da Mata e Campo das Vertentes, dá acesso ao Rio de Janeiro.
BR116	Forma um corredor viário que corta o leste e o noroeste de Minas Gerais, permitindo acesso ao Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, esta estrada serve também de elo entre as regiões Sul e Sudeste do Brasil com o Nordeste.
BR 262	Liga Vitória, capital do Espírito Santo ao Triângulo Mineiro, passando pela Região Metropolitana de Belo Horizonte, é um dos principais acessos à região Centro-Oeste do País.
BR 050	Liga Uberaba, Araguari e Uberlândia e é um decisivo corredor de tráfego na região do Triângulo Mineiro, além de dar acesso aos Estados de Goiás e de São Paulo.
BR 153	Liga Frutal à cidade de Prata, no Triângulo Mineiro, e funciona como um importante corredor paralelo à BR 050, auxiliando o transporte de carga na região.
BR 459	Faz a conexão entre Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí e Itajubá, nas regiões Sul e Sudeste de Minas.
BR 267	Liga a BR 381, no Sul do Estado, a Juiz de Fora, na Zona da Mata mineira.
BR 265	É também um importante corredor de acesso às cidades de Alpinópolis, Boa Esperança, Lavras e São João del Rei.

Fonte: (GEMG, 2015).

2.3 O trator

Existem algumas definições para trator segundo diversos autores. Para Mialhe (1980), o trator é uma máquina auto-propelida provida de meios que o permitem tracionar, transportar e fornecer potência mecânica para os órgãos ativos de máquinas agrícolas e implementos em que a energia gerada pela combustão do diesel é transformada em energia mecânica no motor.

Segundo Monteiro e Albiero (2013), o trator agrícola é a fonte de potência mais utilizada no meio rural contribuindo para o desenvolvimento e avanço tecnológico dos sistemas agrícolas de produção de alimentos e também de fontes alternativas de energias renováveis e responsáveis pelos avanços e quebras de recordes de produção das lavouras em todo o país.

De acordo com Schlosser (2001), o trator é uma unidade móvel de potência em que se acoplam implementos e máquinas com diversas funções, tendo suas características voltadas para o uso nas operações agrícolas. Para Reis (2005), existem duas formas de classificar o trator: de acordo com o tipo de rodados, podendo ser de pneus (2 rodas, 3 rodas e 4 rodas) ou trator de esteira (industrial ou agrícola) e quanto a forma de utilização, ou seja, a frutícola, de jardim, florestais e portas-ferramenta. O Código Brasileiro de Trânsito no capítulo IX Artigo 96 Alínea e, classifica os tratores agrícolas como veículos de tração em que os estão divididos em tratores de rodas, tratores de esteiras e tratores mistos.

Segundo a Norma Regulamentadora – NR 12 (Brasil, 2010), em seu Anexo IV, os tratores agrícolas estão divididos em três tipos, a saber:

- O trator acavalado que é um trator agrícola que apresenta dimensões reduzidas, por esse motivo, a plataforma de operação consiste apenas de um piso pequeno nas laterais para o apoio dos pés e operação;
- O trator agrícola que é uma máquina autopropelida de médio a grande porte destinado a arrastar ou puxar determinadas máquinas e implementos agrícolas. Possui uma utilização diversificada na agricultura e na pecuária, caracterizando-se por possuir no mínimo dois eixos para pneus ou esteiras e peso sem lastragem ou equipamento acoplado, maior que 600 kg e bitola mínima ente os pneus traseiros superior a 1,28m, com o maior pneu especificado.
- O trator agrícola estreito que é uma máquina de pequeno porte destinado à utilização em lavouras de café e outras aplicações nas quais o espaço é restrito e utilizado para tracionar

implementos de pequeno porte. Possui bitola mínima entre os pneus traseiros menor ou igual a 1,28 m, como maior pneu especificado e peso bruto total acima de 600 kg.

Os primeiros tratores agrícolas que surgiram no mercado priorizavam a produtividade agrícola, não sendo dada a devida importância a fatores como conforto, segurança e saúde do operador, ficando evidente a desvalorização deste profissional nos projetos dessas máquinas (SCHLOSSER, 2002). A falta de cuidados com o bem estar do operador, contribuiu para a ocorrência de acidentes com máquinas agrícolas. Isso fez da atividade rural mecanizada uma das que oferecem maiores riscos ao trabalhador (REIS; MACHADO, 2009). A utilização correta do conjunto moto-mecanizado, trator-equipamento, pode gerar uma significativa economia de consumo de energia e, portanto, menor custo operacional e maior lucro para a empresa (MONTEIRO; SILVA, 2009).

De acordo com Vilagra e Genz (2009), o trator agrícola tem como importância a capacidade de exercer força no sentido de deslocamento, visando realizar diversas operações relacionadas com a agropecuária, constituindo-se na principal fonte de potência da agricultura moderna. Os mesmo autores relatam ainda que, para atender as expectativas atribuídas ao trator, algumas se fazem necessárias, podendo destacar entre estas a robustez, versatilidade, confiabilidade, segurança, conforto, além de ter a capacidade de fácil acoplamento e acionamento de diversos tipos de máquinas e implementos agrícolas.

A expansão da agricultura brasileira nas últimas décadas tem impulsionado os fabricantes de máquinas e implementos agrícolas a incorporar novas tecnologias para aumentar o desempenho operacional desses equipamentos, houve um aumento significativo nas dimensões e também acréscimo na potência dos tratores (LOPES *et al.*, 2013). Segundo comentam Santos *et al.* (2004), pode-se considerar que o trator agrícola tem sido a base da mecanização agrícola moderna e responsável pelo alto padrão de desenvolvimento alcançado pela agricultura mundial nos últimos anos.

Dados do IBGE (2006) afirmam que o estado de Minas Gerais possuía a quarta maior frota de tratores com 92.042 tratores, a sua frente encontrava-se apenas o estado do Paraná com uma frota de 113.718 tratores, o estado de São Paulo com uma frota de 145.345 tratores e o estado do Rio Grande do Sul com a maior frota tendo num total de 163.406 de tratores. Segundo dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos – ANFAVEA (2014), em 2013 foram fabricados no Brasil 100.400 máquinas agrícolas e rodoviárias sendo que desse total 77.570 unidades são tratores de rodas e em relação a vendas internas no atacado por unidade da Federação - 2012/2013, no estado de Minas Gerais foram comprados 13.992 unidades de tratores de rodas.

Para Monteiro e Albiero, (2013) se por um lado, o aumento constante de unidades dessa máquina fundamental para o setor agrícola pode facilitar o trabalho e melhorar a produção, por outro, certamente irá causar um aumento no número de acidentes relacionados à função, principalmente se não forem intensificadas campanhas de orientação sobre: regras básicas de operação, medidas de segurança e lesões ocasionadas por acidentes com tratores.

2.4 Tipos e causas dos acidentes envolvendo tratores

O Ministério da Previdência Social no Brasil (Brasil, 2004), classifica os acidentes de trabalho em três tipos: i) Acidentes típicos - onde os acidentes ocorrem na execução da tarefa no próprio local de trabalho, é considerado como um acontecimento súbito, violento e ocasional. Mesmo não sendo a única causa, provoca no trabalhador, uma incapacidade para a prestação de serviço e, em casos extremos, a morte; ii) Acidentes de trajeto – acontece no trajeto do local de trabalho até a residência do trabalhador, ou vice-versa. Também é considerado como acidente de trabalho, qualquer ocorrência que envolva o trabalhador no trajeto para casa, ou na volta para o trabalho, no horário do almoço. Entretanto, se por interesse próprio, o trabalhador alterar ou interromper seu percurso normal, essa ocorrência deixa de caracterizar-se como acidente do trabalho; iii) Acidente fora do local e horário de trabalho – considera-se, também, um acidente do trabalho, quando o trabalhador sofre algum acidente fora do local do trabalho, no cumprimento de ordens ou na realização de serviço da empresa.

Os acidentes de trânsito constituem importante problema mundial, cuja questão começou a ser examinada a partir da década de 50. Posteriormente, em 1998, aprovação do Código Brasileiro de Trânsito pelo Congresso Nacional, representou um início promissor para as mudanças necessárias para conter os altos números relacionados a este tipo de violência (MARIN; QUEIROZ, 2000).

De uma maneira geral, conforme expõem Zóccchio (1971) e UNESP (1994), o acidente de trabalho no meio rural pode ser considerado como sendo todo o acontecimento que não esteja programado e que interrompa, por pouco ou muito tempo, a realização de um serviço, provocando perda de tempo, danos materiais e/ou lesão corporal. Neste sentido, o acidente é considerado grave quando resulta no afastamento do trabalhador rural de sua atividade produtiva por um período igual ou superior a 15 dias (UNESP, 1994).

Estudos recentes realizados pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), demonstraram que as atividades agrícolas, em especial a utilização de máquinas agrícolas,

estão entre as três atividades mais perigosas para os trabalhadores, sendo que para cada três acidentes ocorrido no meio rural, um ocasionou a incapacidade permanente do trabalhador. A operação com tratores e equipamentos agrícolas são as que oferecem os maiores riscos de acidentes. Os acidentes de trabalho representam enorme importância social e econômica, estudos estatísticos têm demonstrado a gravidade deste problema, seja pela incidência de acidentes, seja pela idade dos acidentados, seja pelas suas consequências (MONTEIRO, 2010).

Uma das principais consequências da modernização da agricultura brasileira foi à substituição progressiva do trabalho manual pelo trabalho mecanizado. A introdução de instrumentos e insumos modernos nas tarefas agrícolas ampliou significativamente os tipos de acidentes de trabalho a que estão sujeitos os trabalhadores rurais (RODRIGUES; DA SILVA, 1986). No que se refere aos danos físicos aos trabalhadores, Márquez (1986) explica que mais de 60% das mortes ocorridas em acidentes de trabalho no setor agrário são consequências da mecanização agrícola.

O avanço da tecnologia e da mecanização ao longo do tempo vem substituindo o trabalho manual por trabalhos mecanizados. Exemplo disso são as atividades exercidas com máquinas agrícolas, onde a capacidade de produção é elevada em relação às outras fontes de potência, gerando uma série de benefícios como aumento da produção agrícola, a redução dos esforços físicos do operário entre outros (SANTOS *et al.*, 2014). Segundo Schlosser (2010), para o produtor rural é importante modernizar a frota de máquinas visto que isto possibilita aumentar a capacidade de trabalho e diminuir os períodos de parada para manutenção corretiva, reparos e regulagem. Além disso, aumenta o conforto e a segurança pessoal no trabalho.

De acordo com Márquez (1986), aponta que o uso intenso de máquinas agrícolas aumentou significativamente os riscos que os trabalhadores rurais estão sujeitos, e mais 60% dos acidentes de trabalho no meio rural são decorrentes da mecanização agrícola.

Vilela (2000) aponta que os fabricantes e projetistas tem um papel fundamental na prevenção de acidentes, pois selecionando e aplicando diferentes técnicas podem interferir no processo inicial da cadeia produtiva, garantindo que a máquina obedeça aos quesitos de segurança. Os tratores mais novos têm recursos de segurança mais avançados do que os tratores mais antigos, pode-se esperar que à medida que a frota de trator é renovado ao longo do tempo, as mortes relacionadas com tratores irá diminuir (BAKER *et al.*, 2008).

Segundo Márquez (1986), na Espanha e nos demais países europeus, aproximadamente 40% do total de acidentes ocorridos no setor agrário envolvem máquinas

agrícolas e, destes, metade são devido ao uso do trator agrícola. Em uma pesquisa de caracterização dos acidentes graves no trabalho rural, realizada no Estado de São Paulo, Silva e Furlani Neto (1999) concluíram que o trator, a motosserra, as máquinas e os equipamentos agrícolas não definidos encontram-se envolvidos na maior parte dos acidentes graves ocorridos.

A caracterização dos acidentes com tratores agrícolas reveste-se de grande importância, porque diferentes tipos de acidentes (capotamento, quedas a distinto nível, atropelamentos, entre outros) possuem causas e consequências específicas (MÁRQUEZ, 1986).

Gassend *et al.* (2009), em estudos realizados na Croácia constatou que 50% das mortes e lesões que ocorreram no setor rural são provenientes do uso de máquinas agrícolas. Em trabalho realizado na Suécia Pinzke *et al.* (2012) verificaram que as colisões foram o terceiro tipo de acidente com trator que mais ocorreu no país, sendo responsável por 15,1%. Os mesmos autores avaliaram também os acidentes pela idade do operador e foi constatado que 62% dos acidentes com colisões foram ocasionados por operadores na faixa etária entre 25-55 anos, sendo considerados jovens pelos pesquisadores.

Na Índia Kumar *et al.* (1998), verificaram que 30% dos acidentes com tratores foram devido a colisões, sendo o tipo de acidente com maior ocorrência. Esses pesquisadores atribuem o elevado número de acidentes ao fato dos tratores fazerem transporte de pessoas na região, tendo elevado número de máquinas transitando em condições impróprias e também por estarem trafegando em estradas rurais.

A gravidade dos acidentes com tratores agrícolas é confirmada por Field (2000), que, em trabalho realizado no Estado de Indiana, nos Estados Unidos da América, encontrou dados que demonstram que, entre 500 e 600 pessoas morrem a cada ano naquele país em função de acidentes com tratores agrícolas e que a cada pessoa morta, outras 40, no mínimo, são feridas. Loring e Myers (2008) relatam em sua pesquisa realizada nos EUA, entre os anos de 1992 a 2005 ocorreram em média 200 acidentes fatais com tratores por ano, onde em 1.412 casos a causa primordial da morte foi o capotamento do trator.

No Brasil, estudos sobre acidentes rurais ainda são bastante limitados, existem poucos trabalhos sobre acidentes com conjuntos tratorizados, dificultando o estudo das causas específicas do acidente e, restringindo as bases de dados que poderiam auxiliar no controle da frequência e gravidade dos acidentes (MONTEIRO, 2010).

Segundo Massoco (2008), as causas humanas podem ser relacionadas como atos inseguros, como: levantamento impróprio da carga, permanecer em baixo das cargas,

manutenção, lubrificação ou limpeza da máquinas em movimento, remoção de dispositivos de proteção tornando-os ineficientes, uso de equipamento de forma incorreta e o uso incorreto de equipamento de proteção individual. As falhas humanas podem ser conscientes, técnicas ou por descuido.

Debiasi *et al.* (2004), estudando as causas dos acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados no Brasil, concluíram que os acidentes foram causados por atitudes e condições inseguras, representando 82 e 18%, respectivamente. Outras causas de acidentes com máquinas agrícolas apontadas pelos autores são: falhas mecânicas nas máquinas, operação do trator em condições extremas, perda de controle em aclives/declives, entrada brusca do trator em movimento, engate de equipamentos em local inadequado e entrada involuntária do trator em movimento. As informações coletadas pelo Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas – LIMA, dos acidentes envolvendo os tratores, 14% ocorreram por queda de cima da máquina, ocasionado pelo ato de descer de forma errada ou por escorregões da plataforma de operação (MONTEIRO; ALBIERO, 2013).

Segundo Etherton *et al.* (1991), relatam que dentre as máquinas agrícolas, o trator é o responsável pelo maior número de óbitos (69%) e o capotamento desse tipo de veículo, causa a morte de aproximadamente 100 trabalhadores por ano na zona rural. Para Schlosser *et al.* (2002), dentre os acidente com tratores e máquinas agrícolas, o tombamento é considerado como um acidente grave e o mais frequente. Em pesquisa realizada pelo autor, o tombamento foi responsável por 51,71% dos casos de acidentes analisados.

Anara *et al.* (2010), em trabalho realizado na Espanha com acidentes que ocorreram no período de 2004 a 2008, concluiu que a maioria dos acidentes fatais envolvendo tratores ocorreu em função da falta de estruturas de proteção ao capotamento. Mangado *et al.* (2007) destacam que acidentes envolvendo o tombamento é muitas vezes fatal para o operador, e representam um terço de todos os óbitos no setor agrícola, sendo que desses, 90% foram referidos no tombamento lateral e apenas 10% para tombamento para trás.

Segundo Freeman (1999), até o fim da década de 1990, apenas 30% dos tratores vendidos eram equipados com estrutura de proteção ao capotamento. Esta pesquisa aponta que neste período o capotamento de tratores foi à principal causa de morte relacionada ao trabalho agrícola nos Estados Unidos da América.

Gassend *et al.* (2009), em trabalho sobre acidentes fatais com tratoristas em Zagreb (Croácia) refere que a grande maioria dos acidentes (79%) foi por capotamento de trator. Um estudo sobre mortes relacionadas com o trabalho agrícola no estado de Vitória na Austrália, no período de 1985-1996, mostrou que, em linha com as tendências nacionais, os

acidentes envolvendo tratores foram o tipo mais comum de mortalidade agrícola com 72% nesse estado, e que os capotamentos de tratores representaram 61% de todos os acidentes fatais com trator (Day, 1999).

Em pesquisas realizadas no Brasil, Monteiro *et al.* (2012), concluíram que 57% dos acidentes que ocorrem em propriedades rurais brasileiras, são decorrentes do capotamento da máquina. Segundo os autores, se os operadores estivessem capacitados e operassem as máquinas de forma correta, utilizando os seus mecanismos de segurança, poderiam se evitados muitos acidentes que ocorrem nas lavouras.

A colisão envolvendo tratores agrícolas pode ocorrer contra outros veículos ou contra objeto fixo (DEBIASI, 2002). Na propriedade, a colisão pode ocorrer durante a realização de atividades em função do desconhecimento, da existência de obstáculos ou pela perda de controle da máquina agrícola resultante do excesso de velocidade ou de acionamento incorreto dos freios da mesma (REIS; MACHADO, 2009).

Em função das características do trator, a maioria dos operadores acaba transportando pessoas sobre os para lamas do trator, em pé nos degraus, nos braços do sistema de levante hidráulico, atitudes que corroboram para a ocorrência de atropelamentos em função de quedas de pessoas do trator (MONTEIRO, 2010). Para Debiasi e Schlosser (2002), o segundo tipo de acidente de maior frequência envolvendo tratores agrícolas, engloba a queda de pessoas do trator com a máquina em movimento, em conjunto com os atropelamentos, respondendo por 12 a 17% dos eventos.

2.5 Circulação de máquinas e tratores agrícolas em vias públicas

Segundo dados do Ministério dos Transportes, em 2010, 42.844 pessoas morreram nas estradas e ruas do Brasil. De acordo com dados da Política Nacional de Trânsito - PNT (2004) afirma-se que para reduzir as ocorrências e introduzir civilidade no trânsito é necessário tratá-lo a partir de um enfoque multidisciplinar que envolve diversos problemas, entre eles os sociais, econômicos e de saúde, os quais apenas o trabalho das instituições governamentais isoladas não funciona.

De acordo com os relatos de Monteiro e Albiero (2013), a circulação de máquinas agrícolas em vias públicas tem sido algo comum no cotidiano das cidades brasileiras, tanto nas capitais quanto nos interiores, devido à necessidade de locomoção entre as áreas de cultivo para execução das atividades agrícolas, como também para transportar insumos até a propriedade ou ao ponto de distribuição. Os autores complementam ainda que esta prática

tenha gerado situações de grande risco aos demais condutores de veículos, pois estas máquinas se deslocam em velocidades inferiores aos demais veículos da via e possuem dimensões superiores, que muitas vezes ocupam mais de uma faixa de rolamento.

A American Society of Agricultural and Biological Engineers (2006), recomenda que para circular em rodovias os tratores agrícolas estejam equipados com as seguintes características de segurança: dois faróis, duas luzes vermelhas, duas luzes laranja intermitentes, dois indicadores de mudança de direção, e um emblema (adesivo) de veículo lento.

Segundo o Código Brasileiro de Trânsito (CTB, art. 26, I e II), os usuários das vias, ou seja, aquelas que utilizam as rodovias devem evitar qualquer ato que possa constituir perigo ou obstáculo para o trânsito de veículos, de pessoas ou de animais, ou ainda causar danos a propriedades públicas ou privadas; abster-se de obstruir o trânsito ou torná-lo perigoso, atirando, depositando ou abandonando na via objetos ou substâncias, ou nela criando qualquer outro obstáculo.

Monteiro (2010) destaca as principais precauções ao conduzir um trator agrícola, a saber: não deslocar-se com o trator em velocidades excessivas, ao conduzir o trator em estradas utilizar os dois pedais de freios unidos pela travada, ao descer ladeiras utilizar o freio motor e os freios do trator, jamais pisar na embreagem ou desça em ponto morto em declives, não realizar trocas de marcha no meio de subidas e/ou descidas, evitar sempre que possível deslocar-se com o trator sobre as vias públicas devendo utilizar caminhos para o transporte seguro do trator na carroceria.

De acordo com o Artigo 115 e Parágrafo do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 2008), as máquinas agrícolas, de construção ou de pavimentação têm autorização para transitar em rodovias, mas para isso é necessário o registro e o licenciamento no DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito, na qual receberá no DETRAN uma numeração especial. Para operar trator de roda, o trator de esteira, o trator misto ou o equipamento automotor destinado à movimentação de cargas ou execução de trabalho agrícola, de terraplenagem, de construção ou de pavimentação só podem ser conduzidos na via pública por condutor habilitado nas categorias C, D ou E, conforme Art.144 do CBT.

Segundo Luginbuhl *et al.*, (2003), a preocupação entre os agricultores com os riscos ao operar máquinas agrícolas em vias públicas foi divulgada na Carolina do Norte onde verificou-se um aumento no tráfego de tratores agrícolas em rodovias em que a necessidade de se conduzir esses equipamentos nestas vias era visto por um grande número de produtores agrícolas como um ato perigo no deslocamento até o local de trabalho. Os autores citam ainda

em sua análise em relação a falhas ocorridas em equipamentos agrícolas, que na maioria dos acidentes em rodovias foram observados o envolvimento de tratores e que pelo menos 11% dos acidentes mencionados, os operadores de máquinas agrícolas envolvidos relataram, que os mesmos ocorreram à noite e o trator não estava utilizando iluminação adequada.

Segundo Monteiro e Albiero (2013), para executar as operações com o trator na lavoura, em função das distâncias, o operador necessita realizar deslocamentos com a máquina, sendo algumas vezes necessário transitar por vias públicas para chegar até a área de operação. Os autores afirmam ainda que é necessário por parte dos operadores, muita atenção e obediência as leis de trânsito na condução dos tratores, com o intuito de evitar acidentes.

Os tratores agrícolas, são projetados principalmente, para serem operados no campo e com o mínimo deslocamento em rodovias, apresentam características que tornam sua condução perigosa em estradas, pois são veículos que desenvolvem baixa velocidade, construídos para suportar pesadas cargas de trabalho e não para trafegar em alta velocidade nas vias de circulação (Committee on Agricultural Safety and Health Research and Extension, 2009).

Em pesquisa realizada no Brasil por Schlosser e Debiasi (2004), constatou-se que é baixo o índice de tratores com dispositivos que permitem o tráfego dessas máquinas em rodovias, principalmente, os indicadores de direção, sinaleiras traseiras, luz de ré, luz de freio e retrovisores, sobretudo, nos tratores mais antigos.

2.6 SIG com ferramenta no estudo de acidentes com tratores

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico (SILVA, 2003). Oliveira (1997), afirma que o SIG pode ser aplicado em diversas áreas: cadastramento territorial urbano, controle epidemiológico, roteamento de veículos, sistema serviços de atendimentos de emergenciais, planejamento agropecuário, estocagem e escoamento da produção agrícola, classificação de solos, cadastramento de propriedades rurais, levantamento topográfico e planimétrico, mapeamento do uso da terra, entre outras aplicações.

Fitz (2008), afirma que as funções são entendidas como os próprios módulos do sistema, destacando: aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica de dados e representação de dados. Já Câmara (2002), destaca que funções

básicas são: entrada de dados, gerenciamento de informações, recuperação de informações, manipulação e análise, e exibição e produção de saídas.

Para Druck (2004), compreender a distribuição espacial de dados constitui um grande desafio. Para o autor a ênfase da análise espacial é mensurar as propriedades e os relacionamentos dos fenômenos ocorridos no espaço, ou seja, incorporar o espaço à análise que se deseja, tornando-se o SIG capaz de gerar uma visualização do padrão espacial do fenômeno.

Silva e Souza (2014) em pesquisa realizada sobre acidentes de trânsito nas rodovias estaduais da Bahia no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2013, os autores concluíram que o estudo dos acidentes de trânsito, através da distribuição espacial (mapeamento) por meio de um SIG, representa uma importante etapa para análises detalhadas dos acidentes, pois fornece subsídios para tomada de decisão.

Gomes (2008) realizou uma análise estatística espacial para mapear os principais pontos críticos dos acidentes de trânsito da malha viária do município de Vitória - ES, utilizando Sistemas de Informações Geográficas associadas às ferramentas de análise espacial.

Santos (2006), realizou o mapeamento dos acidentes de trânsito na cidade de São Carlos no estado de São Paulo, onde observou que os acidentes ocorreram em praticamente, toda malha viária, havendo ainda uma grande concentração de acidentes nas áreas centrais da cidade, com várias ocorrências de atropelamentos nas áreas periféricas e de acidentes fatais também nestas áreas.

Silva e Souza (2014) em pesquisa sobre acidentes de trânsito nas rodovias estaduais da Bahia, os autores comentam que os registros sobre o local onde os acidentes ocorrem são de fundamental importância para a distribuição espacial, buscando identificar as áreas de concentração das ocorrências.

Nessa contextualização foi utilizado Sistemas de Informações Geográfica (SIG) para o estudo de acidentes envolvendo tratores agrícolas nas rodovias federais que cortam as mesorregiões do estado de Minas Gerais, permitindo identificar os pontos críticos em que ocorreram o maior número de acidentes, atuando como uma ferramenta indispensável na manipulação de dados espaciais sendo considerado como um instrumento de suporte à Ciência Moderna para a tomada de decisões.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de condução do estudo

O trabalho foi realizado pelo Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas– LIMA pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola – DENA, na Universidade Federal do Ceará, localizado no Campus do Pici, cidade de Fortaleza-CE com as coordenadas geográficas: latitude 3°44' S e longitude 38°34' O e altitude de 25 metros do nível do mar.

3.2 Caracterização da área de abrangência do estudo

A região estudada foi o Estado de Minas Gerais, que é a quarta unidade da federação em extensão territorial, apresentando 586.528 km², o que corresponde a 7% do território do País, está localizado entre os paralelos 14°13,97' e 22°54' de latitude Sul e os meridianos 39°51,53' e 51°02,58' a oeste de Greenwich. Possui território inteiramente formado por planaltos, com altitude média de 700 m e em alguns locais podem chegar a 1.700 metros em relação ao nível do mar, com variação da temperatura média anual nas áreas mais elevadas varia entre 17°C a 20°C e já nas áreas de menor altitude, a temperatura média anual varia de 20°C a 23°C (CEMIG, 2012).

3.3 Descrição da coleta dos dados

As informações dos acidentes com tratores nas rodovias federais brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais foram obtidas por meio de parceria estabelecida entre o Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas – LIMA na Universidade Federal do Ceará – UFC e a 16^a Superintendência da Polícia Rodoviária Federal – PRF do estado do Ceará a partir de dados de Boletim de Acidentes de Trânsito – BAT.

A população foi composta por 148 acidentes com tratores ocorridos em rodovias federais brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais. Os dados dos acidentes são referentes ao período compreendido entre de janeiro de 2008 a setembro 2011, pois anteriormente a esse período a Polícia Rodoviária Federal não adotava esse sistema de armazenamento de informações dos acidentes ocorridos nas rodovias federais brasileiras anteriormente a 2008 e as informações terem sido recolhidas junto a PRF no segundo

semestre de 2011o que justifica o período dos dados utilizados na presente pesquisa. É importante ressaltar que futuramente esses dados serão atualizados e possivelmente detalhados em outras pesquisas realizadas pelo LIMA.

3.4 Mapeamento dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais

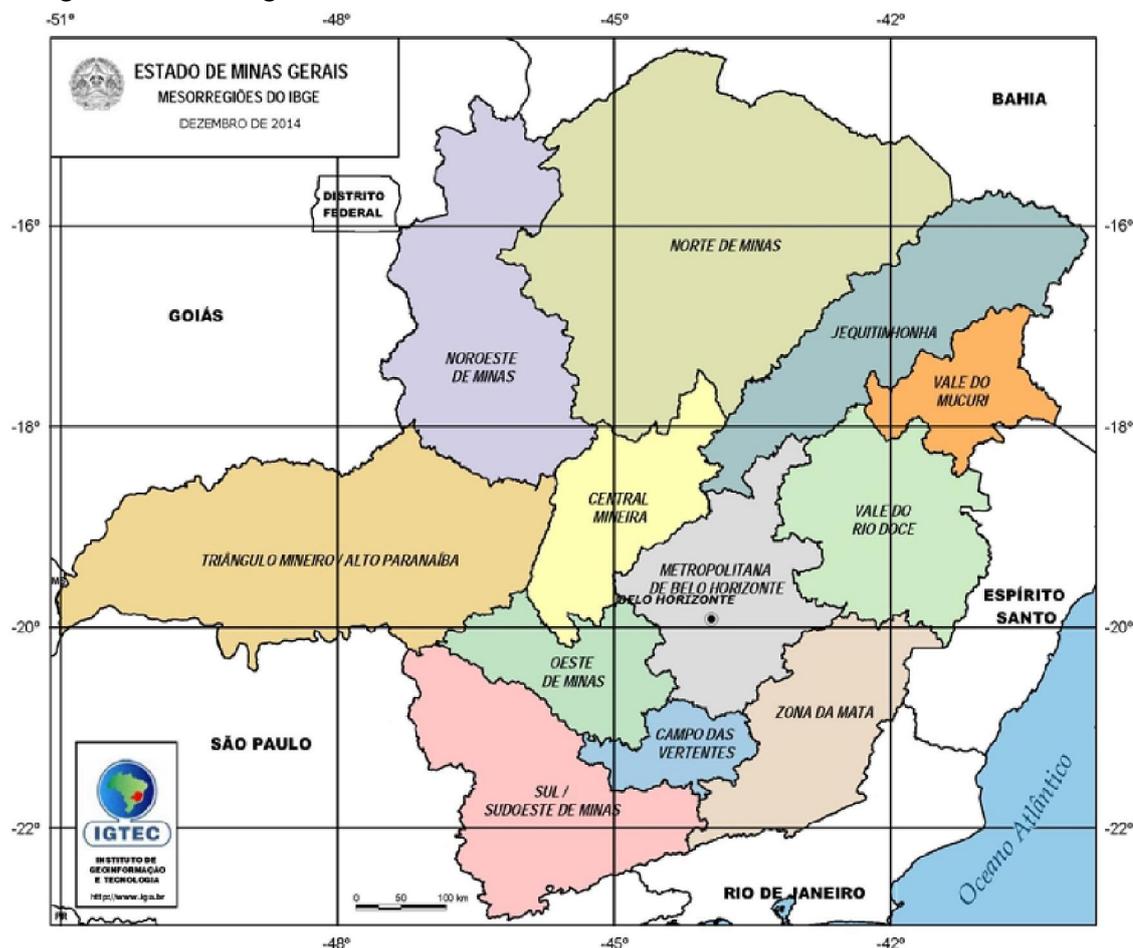
Para obter as coordenadas geográficas em latitude e longitude dos 148 acidentes, foi utilizado o software Google Earth[®]. Para buscados pontos dos acidentes foram utilizadas a sigla do estado de Minas Gerais (MG), o número da rodovia federal (BR) em que ocorreu o acidente e o quilometro onde o acidente foi registrado, sendo estas informações fornecidas pelo policial rodoviário federal no BAT. De posse dessas informações, os dados foram armazenados em planilha no software Excel 2007[®] em que foi realizado transformações das coordenadas obtidas dos pontos dos acidentes em graus, minutos e segundos para graus e decimais. Para realização das transformações de unidades foi adotado as seguintes etapas:

- 1) A coordenada de cada ponto de acidente com trator foi separada em cada coluna em um planilha no Excel respectivamente, em graus, minutos e segundos, procedimento realizado tanto referente a latitude quanto para longitude;
- 2) Cada coluna referente aos segundos foi efetuada a divisão por 60, para obter resultados em décimos de minutos;
- 3) Com o resultado em décimos de minutos foi somado com o valor da coluna em minutos referente a cada ponto de acidente tanto referente a latitude como longitude;
- 4) Cada coluna com o resultado da soma anterior foi realizada a divisão por 60 para obter o resultado em décimos de graus;
- 5) Em seguida foi realizada a soma dos décimos de graus com os graus para obter o resultado em graus e décimos de graus;
- 6) Na ultima etapa do procedimento, o resultado em graus e décimos de graus foi multiplicado por -1, pois o território do estado de Minas Gerais se encontra no hemisfério Sul, logo, para mapear os pontos dos acidentes, faz-se necessário realizar essa transformação final.

Em seguida, as coordenadas geográficas dos acidentes foram inseridas no software ArGIS 9.3[®] para gerar os mapas de distribuição geográfica dos pontos de ocorrências

dos acidentes e posteriormente, foi realizada a comparação do número de acidentes entre as mesorregiões que compõem o estado de Minas Gerais (Figura 1).

Figura - 1 Mesorregiões do estado de Minas Gerais



Fonte: (GEMG, 2015).

3.3 Informações dos acidentes

A caracterização dos acidentes foi realizada a partir das informações fornecidas pelo Boletim de Acidentes de Trânsito (BAT) referentes a classificação do tipo de trator envolvido no acidente (Figuras 2,3 e 4), rodovias federais onde ocorreram os acidentes (Tabela 2), período do dia em que ocorreram os acidentes (Tabela 3), descrição dos tipos de acidentes com tratores (Tabela 4), descrição da faixa etária dos operadores acidentados (Tabela 5), descrição das causas dos acidentes (Tabela 6) e descrição das condições meteorológicas no momento da ocorrência dos acidentes (Tabela 7).

3.5.1 Classificação dos tratores

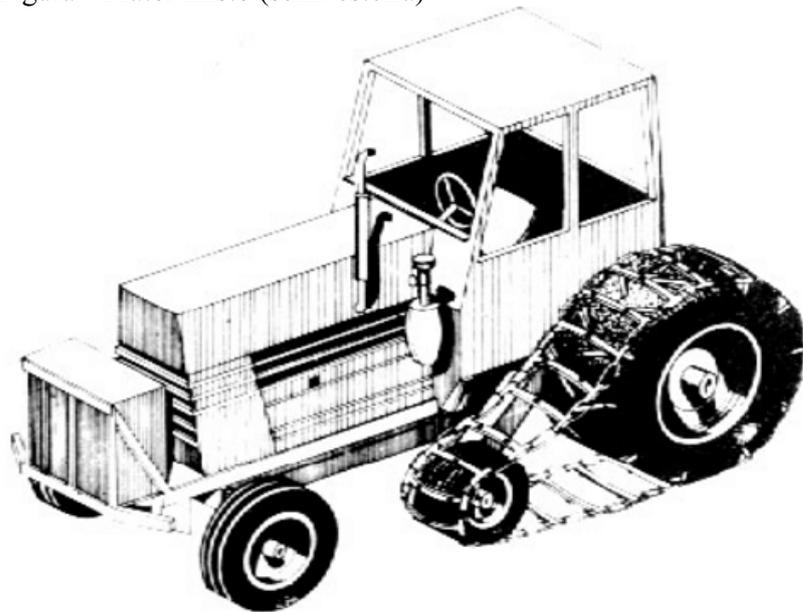
Nos boletins de acidentes de trânsito nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, foram constatados a presença de três tipos de tratores: tratores de rodas, tratores de esteiras e tratores mistos (semi-esteira), de acordo com a classificação fornecida pelo Código Brasileiro de Trânsito (CTB), apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 2 - Trator de rodas



Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

Figura - Trator misto (semi-esteira)



Fonte: Mialhe (1980).

Figura 4 - Trator de esteira



Fonte: Caterpillar (2015).

3.5.2 Rodovias federais em Minas Gerais

Foram abordadas todas as rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais em que ocorreram acidentes no período do estudo compreendido entre janeiro de 2008 a setembro 2011. Na Tabela 2 são apresentadas as 17 rodovias federais em que ocorreram acidentes com tratores durante o período da pesquisa e a extensão em quilômetros.

Tabela 2 - Rodovias federais no estado de Minas Gerais e sua extensão em Km (continua)

Rodovias Federais em Minas Gerais	Extensão das rodovias (Km)
BR 050	207,3
BR 135	781
BR 262	1005
BR 365	872,6
BR 381	951,8
BR 040	830,5
BR 116	818,1
BR 153	246,7
BR 251	972,1

Tabela 2 - Rodovias federais no estado de Minas Gerais e sua extensão em Km (conclusão)

Rodovias Federais em Minas Gerais	Extensão das rodovias (Km)
BR 267	532,6
BR 354	774,1
BR 356	287,8
BR 459	215,4
BR 460	84,3
BR 474	156,9
BR 146	635,4
BR 452	304,5

Fonte: Elaborada pelo autor (2014) com base em informações do Banco de Informações e Mapas de Transportes – BIT (2014).

3.5.3 Período do dia

No Boletim de Acidentes de Trânsito – BAT dos acidentes com tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, o momento do em que ocorreu cada acidente está registrado em horas e minutos, más para efeito de estudo e melhor organização dessa informação, o dia foi dividido em quatro períodos com 6 horas de duração cada, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação e descrição dos períodos do dia de ocorrência dos acidentes em MG

Período do dia	Descrição do horário dos acidentes
Manhã	06:00 as 11:59
Tarde	12:00 as 17:59
Noite	18:00 as 23:59
Madrugada	00:00 as 05:59

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

3.5.4 Tipos de acidentes com tratores

Foram constatados 12 diferentes tipos de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, os mesmos são apresentados e definidos na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação e definição dos tipos de acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais (continua)

Tipos de acidentes	Definição
Capotamento	Tipo de acidente que se caracteriza pelo fato do veículo girar sobre si até ficar de rodas para cima, ou mesmo de lado, ou voltar a ficar sobre as próprias rodas.
Colisão com bicicleta	Ocorre quando o veículo motorizado de alguma forma se envolve em acidente junto a um ciclista que trafega pela via.
Colisão com objeto fixo	Colisão de veículo motorizado com objeto estacionário ou fixo (exceto veículo estacionado), tais como: poste, meio-fio, mureta, barranco etc., presente na área da via destinada ao trânsito de veículos.
Colisão com objeto móvel	Acidente onde o veículo motorizado colide com outro veículo motorizado estacionado na área da via destinada ao trânsito de veículos (usualmente, pista de rolamento e acostamento).
Colisão lateral	Ocorre quando dois veículos transitam em direções opostas ou na mesma direção e se tocam lateralmente.
Colisão transversal	Colisão de veículo motorizado com outro veículo motorizado que trafegue em sentido perpendicular, quando o impacto se dá com a parte da frente de um com a lateral do outro.
Colisão traseira	Colisão de veículo motorizado com outro veículo motorizado que trafegue à sua frente, quando o impacto se dá com a parte traseira do veículo.
Danos eventuais	Tipo de acidente no qual o policial rodoviário federal não encontra explicação para a ocorrência do mesmo.
Incêndio	Ocorre por diversos motivos como pane no sistema elétrico do veículo, super aquecimento em partes do motor, entre outros e

Tabela 4 - Classificação e definição dos tipos de acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas de Gerais (conclusão)

Tipos de acidentes	Definição
	inicia-se um princípio de incêndio que pode evoluir para consequências maiores.
Saída de pista	Ocorre por algum motivo relacionado ao veículo (trator), projetar-se para fora da área destinada ao tráfego de veículos, sem que tenha colidido, tombado ou capotado dentro da referida área.
Tombamento	Ocorrência que se caracteriza pelo fato do veículo motorizado tombar sem ter girado sobre si, ficando, usualmente, de lado.

Fonte: Elaborada pelo autor (2015) com base em informações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2010).

3.5.5 Faixa etária

A faixa etária compreende a idade dos operadores de tratores envolvidos nos acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais. As faixas etárias foram divididas em intervalos de 10 anos cada. A primeira faixa etária foi: 0 a 9 anos, posteriormente, 10 a 19, 20 a 29, 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59, os considerados com 60 anos ou mais e existem ainda dados onde não foi coletada pelo policial rodoviário federal a idade dos envolvidos nos acidentes (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação da faixa etária dos operadores de tratores acidentados

Faixa etária dos operadores acidentados
0 a 9 anos
10 a 19 anos
20 a 29 anos
30 a 39 anos
40 a 49 anos
50 a 59 anos
60 anos ou mais
Não informado

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

3.5. 6 Causas dos acidentes

Foram identificadas 6 diferentes causas de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais e outros acidentes, não tiveram causas definidas como são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação e definições das causas dos acidentes nas rodovias federais no estado de Minas Gerais

Causas dos acidentes	Definição
Defeito mecânico em veículo	Ocorre quando um defeito mecânico em algum dos veículos envolvidos no acidente que o impossibilite de trafegar na via.
Dormindo ao volante	Ocorre quando o condutor do veículo dorme ao volante por alguns instantes causando acidentes.
Falta de atenção	Por diversos motivos o condutor do veículo pode não estar com a atenção totalmente voltada para o trânsito ocorrendo acidentes na via.
Ingestão de álcool	Ocorre devido o operador ou o motorista estar sobre o efeito de bebida alcoólica durante a condução do veículo na via.
Não guardar distância de segurança	Acidente ocorre quando o veículo que está atrás não mantém uma distância mínima segura para evitar acidentes em caso de o veículo a frente frear.
Outras causas	Ocorre quando a autoridade de trânsito ao chegar no local do acidente não encontra elementos suficientes para definir a causa do mesmo.
Velocidade incompatível	Ocorre geralmente, pelo fato dos veículos está trafegando acima da velocidade máxima permitida pela a via ou estarem abaixo de velocidade mínima permitida pela via.

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

3.5.7 Condições meteorológicas no momento do acidente

No Boletim de Acidentes de Trânsito – BAT, as condições meteorológicas no momento em que ocorreram os acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais, são descritas pelos policiais rodoviários federais como céu claro, sol, nublado, chuva e nevoeiro. Dependendo do horário do acidente e da região onde o mesmo ocorreu, entretanto, estas informações foram resumidas em três situações como são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Classificação das condições meteorológicas no momento de ocorrência dos acidentes nas rodovias federais no estado de Minas Gerais

Condição climática descrita pelo policial rodoviário federal	Condições meteorológicas em relação a visibilidade das rodovias no momento dos acidentes
Sol	Ótima
Céu claro.	Bom
Nublado	Médio
Chuva e nevoeiro	Ruim

Fonte: Elaborada pelo autor (2015).

3.4 Análise estatística

3.4.1 Análise de frequência

Para caracterização dos acidentes envolvendo tratores agrícolas nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, foi aplicado à estatística não paramétrica, de análise de frequência para avaliação das seguintes variáveis: distribuição dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais, tipos de trator envolvidos nos acidentes, número de acidente por rodovia federal, período do dia de ocorrência dos acidentes, tipos de acidentes com tratores, faixa etária dos operadores envolvidos nos acidentes, causas dos acidentes e condições meteorológicas no momento dos acidentes. De acordo com Montgomery (2004) os histogramas de frequências são um resumo de dados estruturados que possibilitam a visualização de distribuições de frequências dos dados.

Frequências avaliadas:

- Frequência Absoluta (n_i) – Valor individual de cada indicador de acidente.
- Frequência Acumulada (N_i) – Somatório dos valores das classes inferiores até a classe de limite superior.

$$N_4 = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 \quad (1)$$

Em que:

N_4 = Frequência acumulada da classe 4;

n_1 = Frequência absoluta classe 1;

n_2 = Frequência absoluta classe 2;

n_3 = Frequência absoluta classe 3;

n_4 = Frequência absoluta classe 4.

- Frequência Relativa (%)

$$FR(\%) = \frac{FA}{Total} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$FR(\%)$ = Frequência relativa;

FA = Frequência absoluta de cada classe;

Total = população total do indicador.

- Frequência Relativa Acumulada (%)

$$FRA(\%) = \frac{N_i}{Total} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

FRA = Frequência relativa acumulada de cada classe;

Ni = Frequência acumulada da classe;

Total = população total do indicador.

Os resultados foram então processados utilizando-se planilhas no software Excel 2007[®], para a realização da análise de distribuição de frequência, sendo abordado, principalmente, frequência absoluta e frequência relativa acumulada e posteriormente, confeccionados gráficos de barras (histogramas) para representar o comportamento das variáveis analisadas.

3.6.2 Análise de Geoestatística

A análise descritiva referente à média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, assimetria e curtose, para avaliação dos atributos: tipos de acidentes, a faixa etária dos operadores acidentados, as causas dos acidentes, as condições meteorológicas no momento em que ocorreram os acidentes, rodovias federais e o período do dia foram submetidos à análise estatística utilizando o software de geoestatística Gs +[®] (Geostatistical for Environmental Sciences), versão 10. Para realizar esta análise, as coordenadas dos pontos dos acidentes foram transformadas de graus para UTM – Universal Transverso de Mercator no software Google Earth[®].

Em seguida foi realizada a análise de dependência especial dos dados para as variáveis estudadas com o auxílio do software GS+[®] (Geostatistical for Environmental Sciences), versão 10, que utiliza os valores das variáveis associados às suas respectivas coordenadas de campo para geração de cálculos matemáticos, representada pela equação 4, que estima a estrutura e a dependência espacial entre as observações por meio do semivariograma.

$$y(h) = \left(\frac{1}{2 N(h)} \right) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (4)$$

Em que:

h é a distância de separação entre as medidas;

$N(h)$ é o número de pares experimentais de dados medidos de $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$;

$Z(x_i)$ é o valor da variável para posição x_i não estimado (verdadeiro) considerada como uma variável aleatória, função da posição da amostragem x ;

$Z(x_i+h)$ é o valor da mesma variável na posição x_i+h em qualquer direção.

Foi realizada análise do semivariograma por processo de krigagem, que é fundamental para se fazer a medida da dependência espacial entre as variáveis analisadas. A análise da dependência espacial considera a correlação entre os pontos, que quanto mais próximos são esses pontos observados na análise, mais forte é a dependência espacial, assim sendo as observações feitas mais próximas uma das outras tem mais respaldo. Para realizar a construção dos mapas de krigagem foi necessário que as variáveis analisadas apresentassem dependência espacial.

A partir do ajuste de um modelo matemático para os valores calculados de $\gamma(h)$, foram estimados para cada atributo analisado, o modelo de semivariograma, o efeito pepita (C_0), o patamar (C_0+C), o alcance (A_0) e coeficiente de determinação (R^2). Para verificar a presença da variabilidade espacial, foi utilizado o Índice de Dependência Espacial (IDE) dos atributos estudados, que é calculado pela relação $[C/(C_0+C)]$, onde C é a variância estrutural, C_0 é o efeito pepita e C_0+C é o patamar. Utilizou-se a classificação proposta por Zimback (2001), onde são considerados: a dependência espacial forte é quando o Índice de Dependência Espacial (IDE) é $> 75 \%$, moderada quando está entre $25 \% < IDE < 75 \%$ e fraca $\leq 25 \%$.

Para o ajuste dos modelos teóricos aos semivariogramas experimentais, utilizou-se o software GS+[®] e foram considerados o linear, esférico, o exponencial e o gaussiano, sendo ajustados ao modelo que apresenta menor efeito pepita (C_0) e o maior coeficiente de determinação (R^2) para os dados referentes aos atributos analisados no presente trabalho.

Após a avaliação da geoestatística dos dados, foram construídos mapas de isolinhas (krigagem simples) com o auxílio do software Surfer[®] (versão 9), para representar a distribuição espacial das variáveis tipos de acidentes, faixa etária dos operadores acidentados, causas dos acidentes, condições meteorológicas no momento de ocorrência dos acidentes, rodovias federais em que ocorreram os acidentes e período do dia em que ocorreram os acidentes. A krigagem parte do princípio que pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais parecidos do que pontos mais afastados, com isso a técnica de krigagem assume que os dados recolhidos em uma determinada população se encontram autocorrelacionados no espaço (CÂMARA *et al.*, 2002).

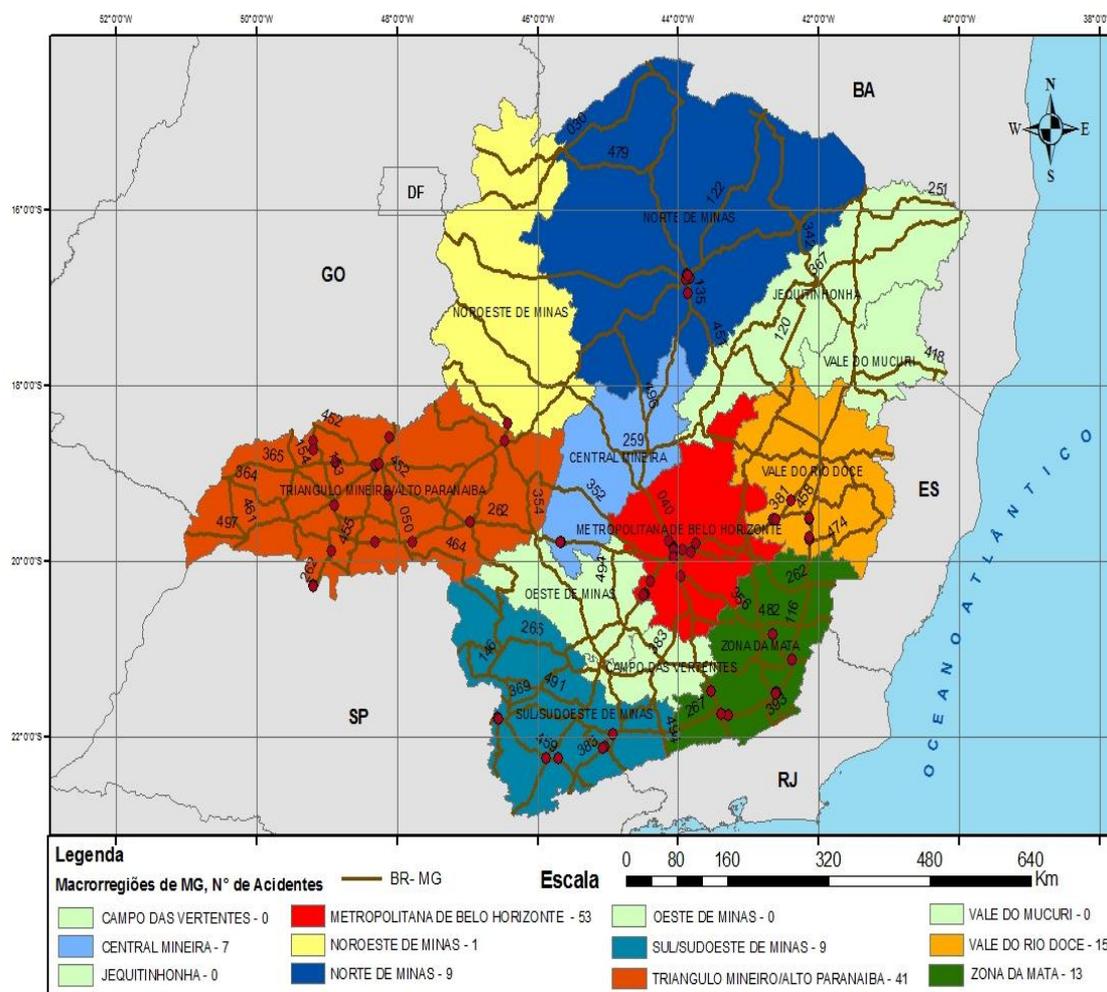
Para construção dos mapas de krigagem, as coordenadas dos pontos dos acidentes foram transformadas de graus para UTM – Universal Transverso de Mercator no software Google Earth[®]. Em relação ao atributo tipo de acidentes, foi atribuído valor 1 para o tipo de acidente colisão traseira, que foi primeiro tipo de acidentes que ocorreu nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, 2 para o tipo de acidente colisão lateral que foi o segundo tipo de acidente que mais ocorreu e assim sucessivamente. Essa metodologia foi adotada também para os atributos: faixa etária, causas dos acidentes, condições meteorológicas, rodovias federais e período do dia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mapeamento dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais

Na Figura 5, apresentou-se o mapeamento dos pontos de ocorrência dos acidentes com tratores nas rodovias federais que cortam as mesorregiões: Campos das Vertentes, Central Mineira, Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte, Noroeste de Minas, Norte de Minas, Oeste de Minas, Sul e Sudeste de Minas, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce, Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba e Zona da Mata que compõem o estado de Minas Gerais. É importante ressaltar que em virtude da proximidade dos pontos de alguns acidentes e devido a escala adotada no mapa abaixo alguns pontos se encontram sobrepostos.

Figura 5 - Mapeamento dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Analisando o mapa acima, verificou-se que ocorreram 53 acidentes na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, 41 no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, 15 na Vale do Rio Doce, 9 na Norte de Minas, 9 em Sul e Sudoeste de Minas, 7 na Central Mineira e 1 acidente em Noroeste de Minas. Já as mesorregiões em que não se registrou acidentes envolvendo tratores durante a pesquisa foram: Campo das Vertentes, Jequitinhonha, Oeste de Minas e Vale do Mucuri.

O mapeamento dos acidentes nas rodovias federais que cortam as mesorregiões mineiras utilizando ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) possibilitou mostrar a distribuição dos pontos e a concentração dos acidentes em determinadas mesorregiões do estado, corroborando com Fitz (2008), o qual afirma que os espaços mapeados com o uso de SIG pode-se conhecer melhor uma região, disponibilizando ao usuário uma rigorosa ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Em relação ao uso de SIG como ferramenta de mapeamento de acidentes, Souza (2011) afirma que quando o objetivo é reconhecer a distribuição espacial dos acidentes de trânsito, a utilização de SIG pode gerar bons resultados. Diesel (2005), realizando uma pesquisa com o objetivo de relacionar os acidentes de trânsito com as ocorrências de precipitações pluviométricas utilizando SIG, buscando construir subsídios técnicos para o aprimoramento da definição e implantação de políticas públicas dirigidas à segurança viária e saúde pública no estado de Santa Catarina.

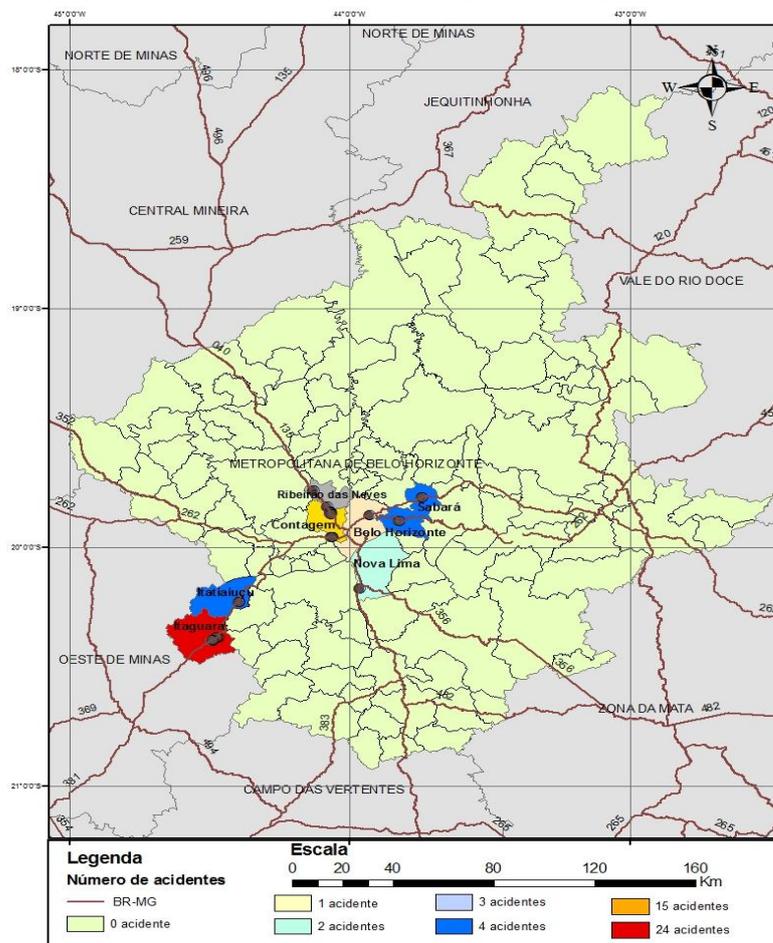
Raia (2000) aplicou SIG na análise espacial em um projeto de planejamento de transportes na cidade de Bauru no estado de São Paulo, em que neste plano, o objetivo era desenvolver modelos destinados a estimar potenciais viagens urbanas que integrem por um lado o aspecto da acessibilidade e por outro o impacto da mobilidade, incorporando dados de natureza espacial a uma pesquisa origem e destino, utilizando recursos de Sistema de Informações Geográficas. Em relação a produção agrícola o estado de Minas Geras, informações fornecidas pelo (BDMG, 2001), a produção agrícola mineira tem como principal característica sua diversidade, pois coexistem regiões de base produtiva intensiva em tecnologia e com alta produtividade com outras cuja produção é essencialmente rudimentar e voltada para a subsistência.

4.1.1 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte

No mapeamento dos acidentes na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (Figura 6), foi possível visualizar que ocorreram 53 acidentes com tratores distribuídos em

7municípios. O município Itaguara apresentou o maior número de acidentes (24), o segundo maior número de acidentes foi registrado no município de Contagem com 15, seguido por Itatiaiuçu e Sabará com 4, Ribeirão das Neves 3, Nova Lima com 2 e a capital do estado Belo Horizonte com 1 acidente registrado.

Figura 6 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte



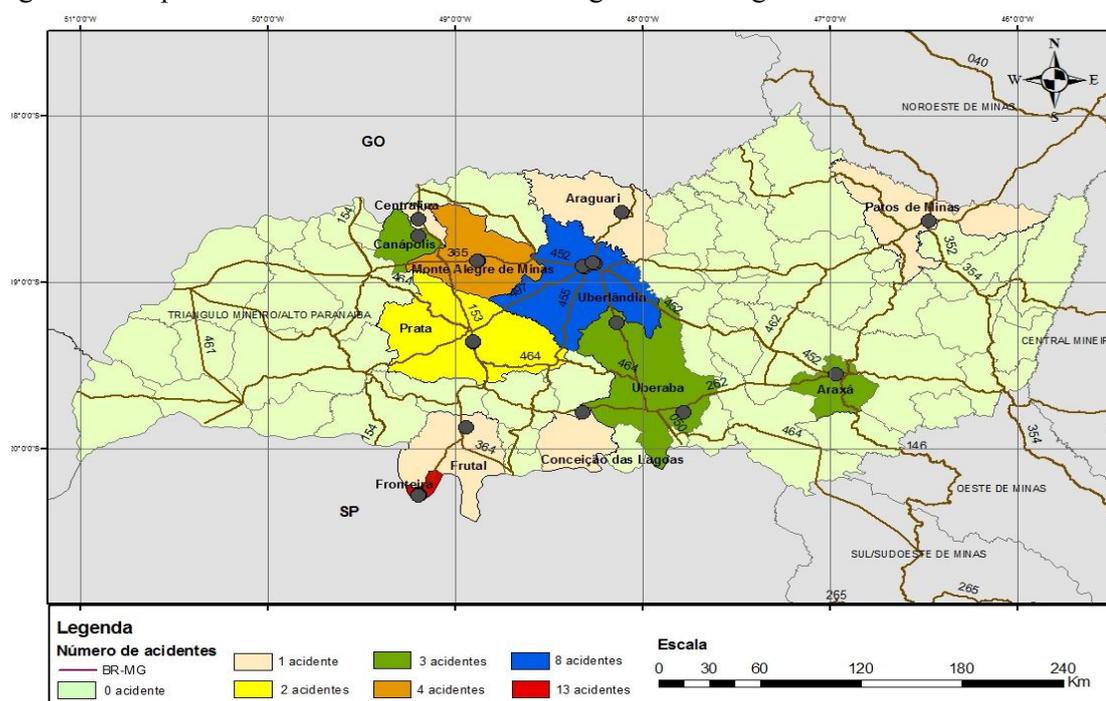
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O maior número de acidentes envolvendo tratores na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte pode ter relação como tráfego mais intenso nas rodovias da região, principalmente, em alguns municípios próximos a capital do estado a cidade de Belo Horizonte, a presença de áreas agrícolas próximas as rodovias federais que cortam a região. Informações fornecidas pelo IBGE (2009), dão conta que a mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte é a região mais rica de Minas Gerais é responsável por 43,25% do PIB mineiro, destacando-se principalmente, o setor terciário com o comércio e prestação de serviço.

4.1.2 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

O mapa da distribuição geográfica dos acidentes envolvendo tratores na mesorregião Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba apresentado na Figura 7, visualizou-se que ocorreram 41 acidentes distribuídos em 12 municípios. Em ordem decrescente do número de acidente por municípios foram: 13 em Fronteira, 8 em Uberlândia, 4 Monte Alegre de Minas, 3 em Araxá, 2 em Prata, Canápolis e Uberaba e 1 acidente em Araguari, Centralina, Conceição das Lagoas, Frutal e Patos de Minas, respectivamente.

Figura 7 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba apresenta um grande potencial produtivo, o solo é predominante de cerrado há uso intensivo de tecnologia e a agricultura é explorada em média e grande escala. De acordo dados fornecidos pelo IBGE (2009), as principais culturas cultivadas na mesorregião era o milho, a soja, cana-de-açúcar, arroz e grande variedade de frutas.

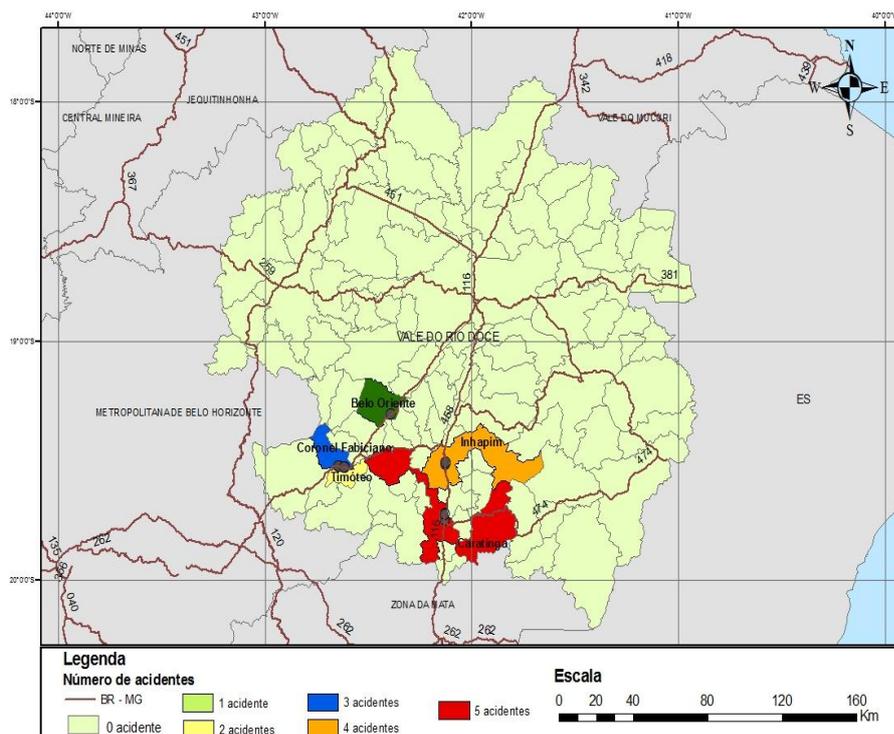
O desenvolvimento da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba se deve a expansão da fronteira agrícola com a proximidade ao estado de São Paulo e a outros centros comerciais do país. De acordo com Bernades e Ferreira (2013), a tendência do agronegócio nacional em instalar-se na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

ocorre em razão de sua posição “estratégica” no Brasil, facilitando o escoamento da produção. Além disso, a principal cidade da região, Uberlândia, desde o seu surgimento até os dias atuais, vem se consolidando para oferecer uma infraestrutura regional e nacional de serviços, telecomunicações e sistemas logísticos para todo país.

4.1.3 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Vale do Rio Doce

Analisando a Figura 8, em relação ao mapeamento dos acidentes na mesorregião Vale do Rio Doce, constatou-se que ocorreram 15 acidentes com tratores nas rodovias federais que cortam essa mesorregião. A distribuição dos acidentes com tratores por município foi: 5 em Caratinga, 4 em Inhapim, 3 em Coronel Fabriciano, 2 em Timóteo e 1 em Belo Oriente.

Figura 8 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Vale do Rio Doce



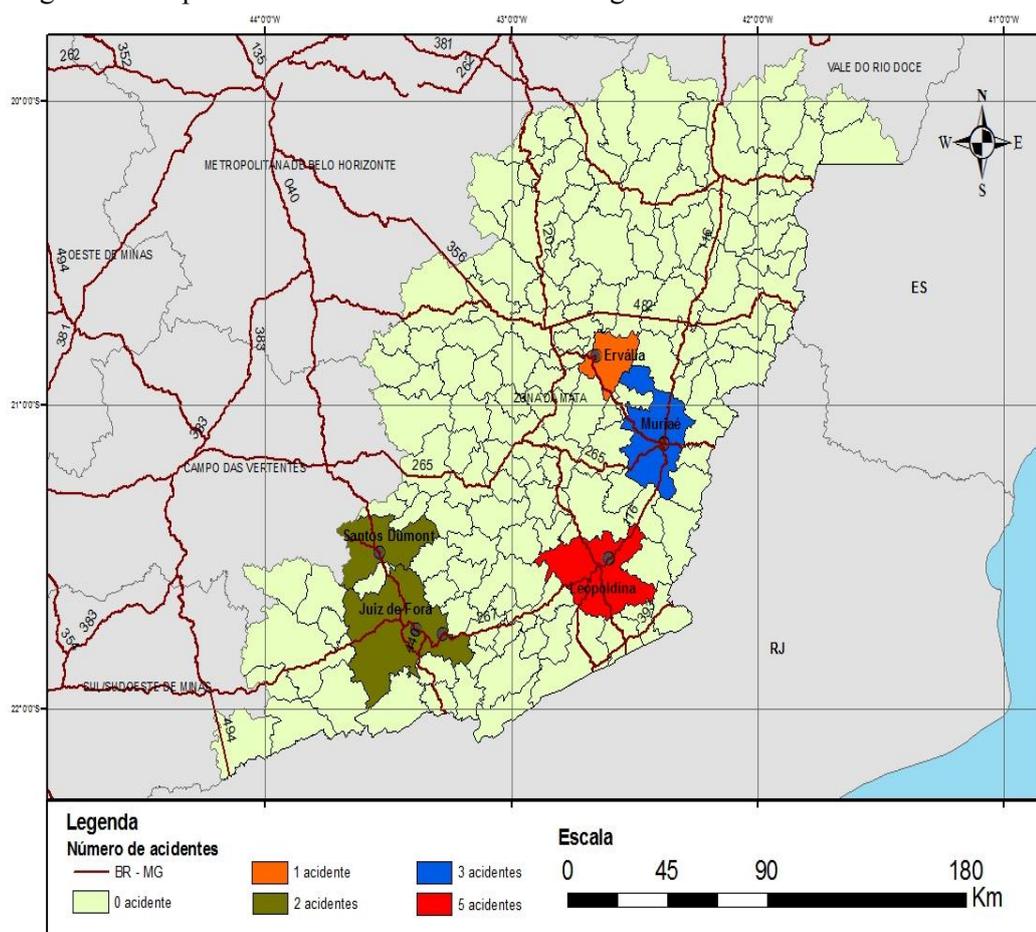
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A mesorregião Vale do Rio Doce apresenta clima quente e chuvas irregulares no qual exige muitas tecnologias na prática agrícola. As terras são férteis, porém se destaca mais a agricultura de subsistência, a região era a segunda maior produtora de arroz do estado de Minas Gerais segundo dados do (IBGE, 2009).

4.1.4 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Zona da Mata

Na Figura 9, demonstra o mapeamento dos acidentes na mesorregião da Zona da Mata, onde pode ser observado que ocorreram 13 acidentes envolvendo tratores nessa mesorregião, distribuídos em 5 municípios, sendo 5 em Leopoldina, 3 em Muriaé, 2 em Juiz de Fora e Santos Dumont e 1 em Ervália.

Figura 9 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Zona da Mata



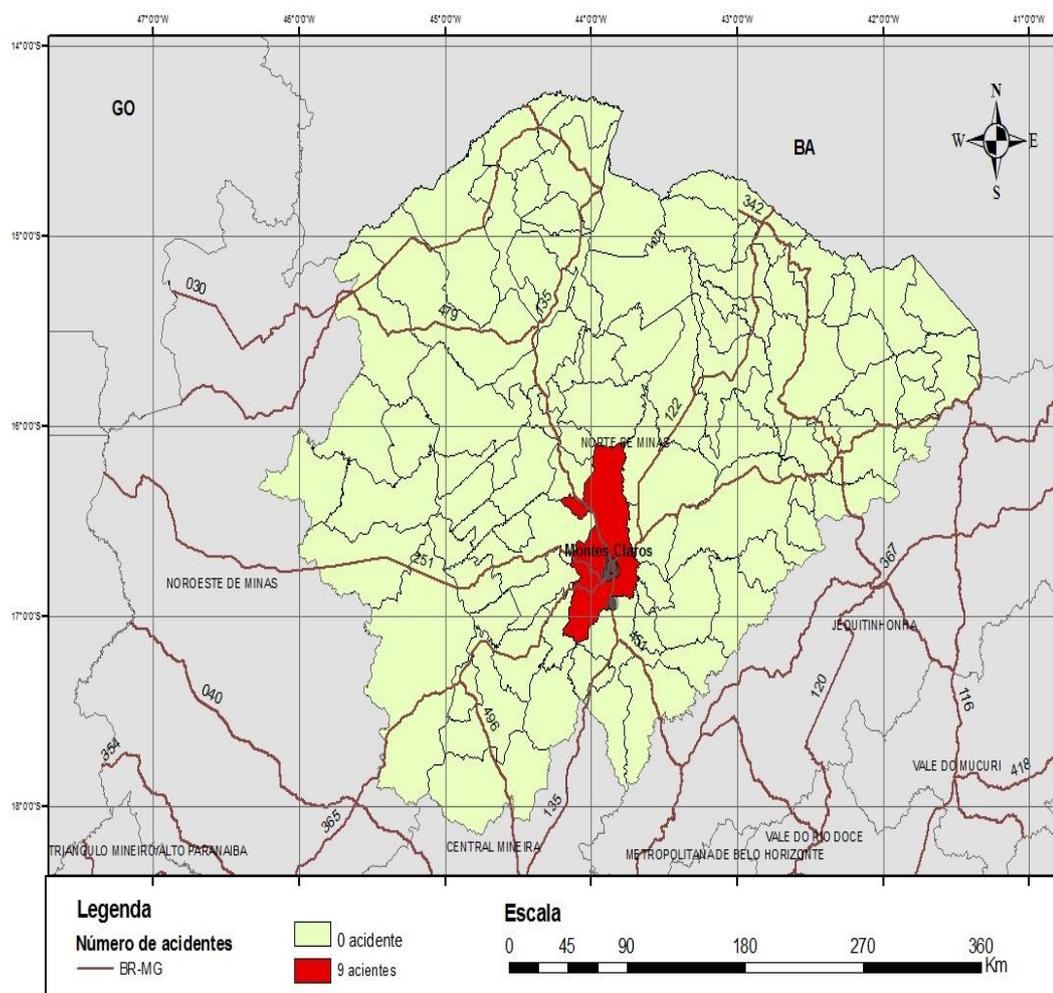
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No setor agrícola na mesorregião da Zona da Mata se destaca principalmente, a cultura da cana-de-açúcar, café, milho e feijão de acordo com os dados do IBGE (2009). Apesar do clima subúmido, o relevo acidentado com encostas íngremes é um obstáculo à produção agrícola, que encontra lugar apenas nos vales férteis, o que eleva sobremaneira os custos de produção em comparação a outras regiões do estado, como o Triângulo Mineiro (SANTOS *et al.*, 2001).

4.1.5 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Norte de Minas

Na Figura 10, o mapa da distribuição geográfica dos acidentes na mesorregião Norte de Minas onde visualizou-se que ocorreram 9 acidentes com tratores nas rodovias que cortam a mesorregião e que estes se concentraram concentrados somente no município de Montes Claros.

Figura 10 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Norte de Minas



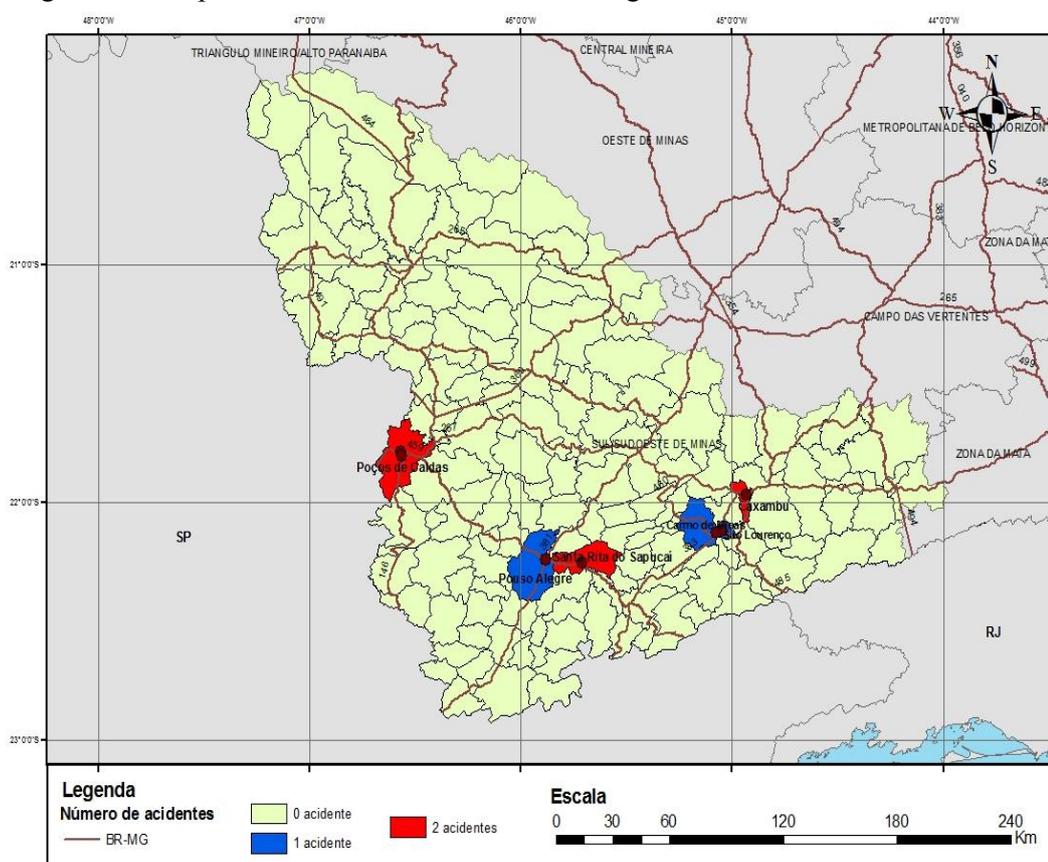
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na mesorregião Norte de Minas é frequente a utilização de irrigação e tecnologia de produção. Segundo os dados do IBGE (2009) a agricultura da região é bastante diversificada dentre as culturas produzidas se destaca a produção de arroz, fava, banana, manga, goiaba sendo a produção de frutíferas mais intensificadas em pólos irrigados da região.

4.1.6 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas

Na Figura 11, consta o mapeamento dos acidentes na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas, onde ocorreram 9 acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais dessa mesorregião. A distribuição do número de acidentes com tratores por município pode assim ser apresentada: 2 acidentes nos municípios de Caxambu, Poços de Caldas e Santa Rita do Sapucaí, respectivamente e 1 acidente nos municípios de Carmo de Minas, Pouso Alegre e São Lourenço.

Figura 11 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

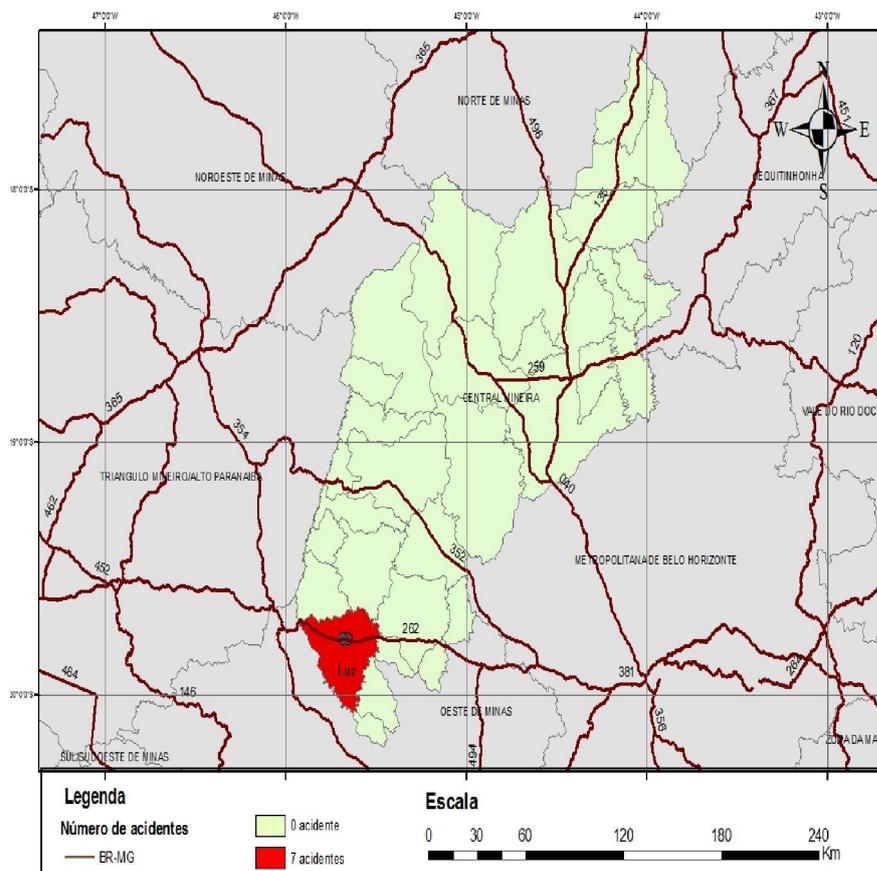
A principal atividade econômica desenvolvida na mesorregião Sul/Sudoeste de Minas é a agricultura, destacando principalmente a agricultura empresarial, a região é a principal produtora de café Mineira, possui um clima ameno e uma boa distribuição de chuvas contribuindo para o desenvolvimento da agricultura associado às boas condições climáticas existe também a proximidade de grandes centros consumidores. De acordo com Espírito

Santo *et al.*, (1999), a proximidade com os mercados consumidores paulistas e a facilidade de escoamento da produção sejam incentivadores da produção agrícola.

5.1.7 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Central Mineira

A Figura 12, onde consta o mapeamento dos acidentes na mesorregião Central Mineira, onde se constata que ocorreram 7 acidentes envolvendo tratores na rodovia federal BR 262 nessa mesorregião e que todos se concentraram no município de Luz que está localizado ao sul da mesorregião.

Figura 12 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Central Mineira



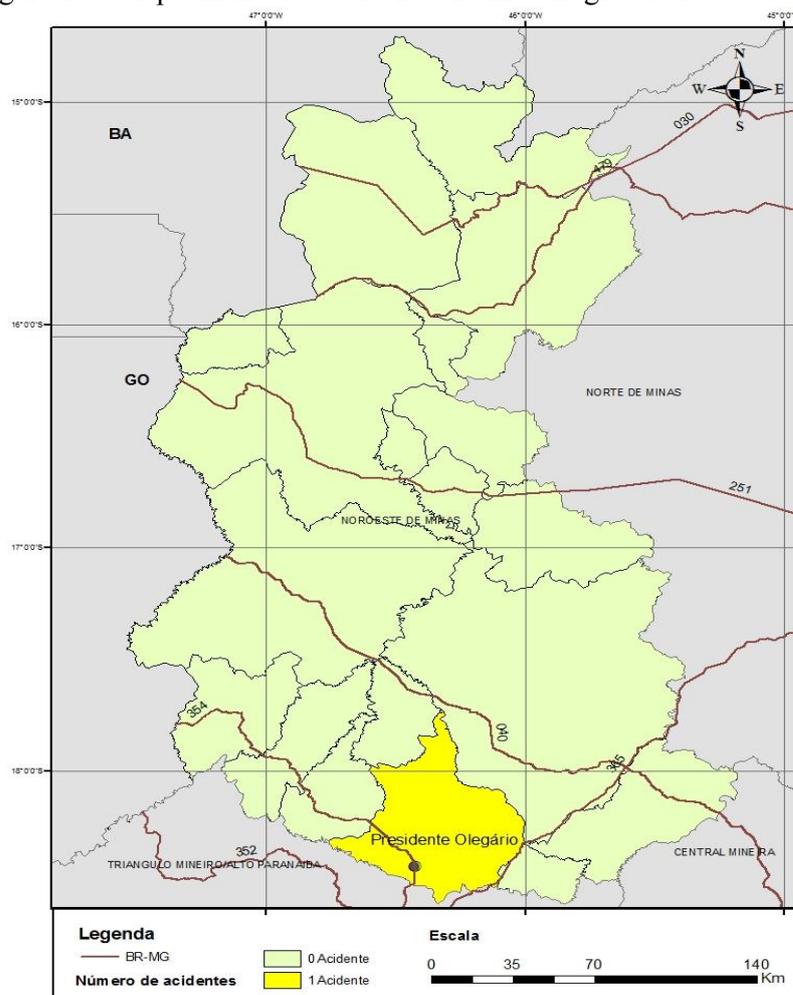
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Em relação a produção agrícola, segundo informações fornecidas por Bastos e Gomes (2011), a mesorregião Central Mineira apresenta um relevo acidentado, a produção agrícola é pouco desenvolvida possuindo solos pobres, a mesorregião tem uma alta concentração populacional onde há um maior consumo de produtos agrícolas.

5.1.8 Mapeamento dos acidentes na mesorregião Noroeste de Minas

Na Figura 13, apresentou-se o mapeamento dos acidentes na mesorregião Noroeste de Minas onde é possível visualizar que ocorreu apenas 1 acidente envolvendo trator nas rodovias que cortam a mesorregião e que este foi registrado no município de Presidente Olegário na BR 354.

Figura 13 - Mapeamento dos acidentes na mesorregião Noroeste de Minas



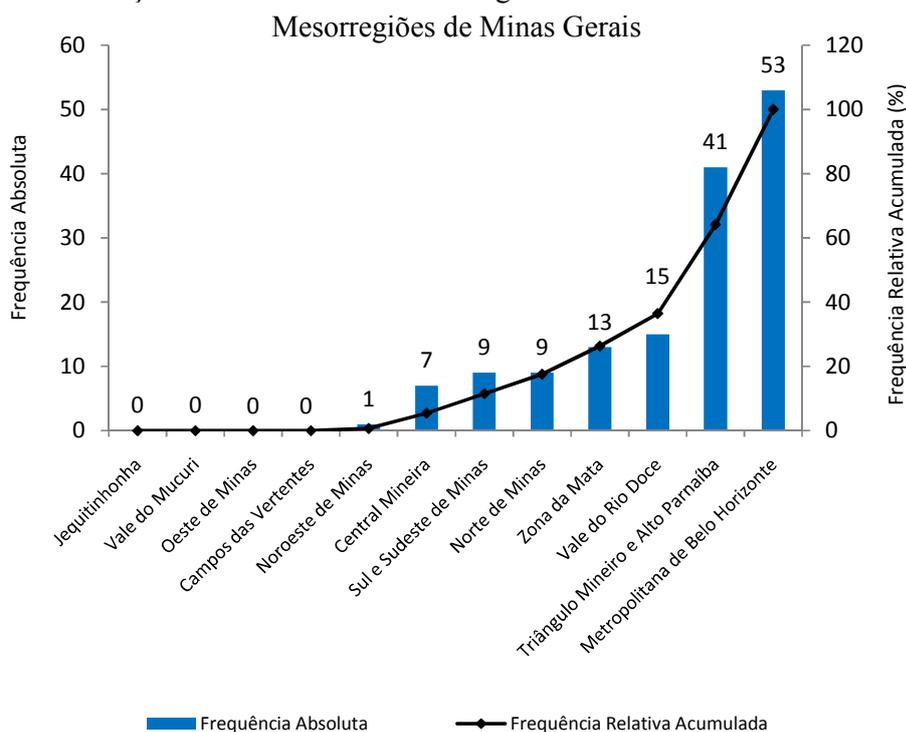
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A mesorregião Noroeste de Minas, apresenta grandes propriedades de produção de grãos, de forma empresarial e tecnologicamente atualizada destacando também indústrias beneficiadoras dos grãos que são produzidos na região. O setor industrial nos ramos de extração mineral e siderurgia também apresentam grande importância para a economia da região (BRASIL, 2000).

4.2 Distribuição dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais

Em relação à distribuição dos acidentes nas rodovias federais que cortam as mesorregiões do estado de Minas Gerais (Figura 14), foi constatado que a mesorregião com maior número de acidentes envolvendo tratores foi a Metropolitana de Belo Horizonte com 53 acidentes. Essa predominância de acidentes com tratores na mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, pode estar relacionada a grande circulação de automóveis e caminhões de carga trafegando nas rodovias que cortam a região, ligando-a a importantes cidades mineiras e aos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Goiás. Como as rodovias federais da mesorregião cortam grandes áreas de produção agrícola no estado, onde a circulação de tratores e máquinas agrícolas é comum nessas vias, podem ocorrer acidentes graves em trechos onde o trânsito é mais intenso.

Figura 14 - Distribuição dos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Em segundo lugar em número de acidentes envolvendo tratores está a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com 41 acidentes. Essa mesorregião está localizada na região oeste do estado de Minas Gerais, formada por 66 municípios, sendo suas cidades mais importantes: Uberlândia, Uberaba, Araguari, Patos de Minas, Araxá e

Patrocínio. A economia da mesorregião baseia-se na agricultura com destaque para produção de açúcar e álcool, produção e processamento de grãos, pecuária leiteira e processamento de carne, mineração e indústrias de fertilizantes, processamento de madeira e metalurgia.

Analisando a distribuição de frequência de acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais (Tabela 8), verificou-se que a mesorregião com maior percentual de acidentes envolvendo tratores foi a Metropolitana de Belo Horizonte com 35,81%, a segunda mesorregião em número de acidentes foi a do Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba com 27,70%, em terceiro lugar Vale do Rio Doce com 10,14%, em quarto lugar Zona da Mata com 8,78%. Nas mesorregiões Noroeste de Minas, Norte de Minas, Central Mineira e Sul e Sudeste de Minas, apresentaram juntas em torno de 17,57% do número total de acidentes envolvendo tratores.

Tabela 8 - Análise de frequência da distribuição de acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais

Mesorregiões de Minas Gerais	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
Jequitinhonha	0	0	0	0
Vale do Mucuri	0	0	0	0
Oeste de Minas	0	0	0	0
Campos das Vertentes	0	0	0	0
Noroeste de Minas	1	0,68	1	0,68
Central Mineira	7	4,73	8	5,41
Sul e Sudeste de Minas	9	6,08	17	11,49
Norte de Minas	9	6,08	26	17,57
Zona da Mata	13	8,78	39	26,35
Vale do Rio Doce	15	10,14	54	36,49
Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba	41	27,70	95	64,19
Metropolitana de Belo Horizonte	53	35,81	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

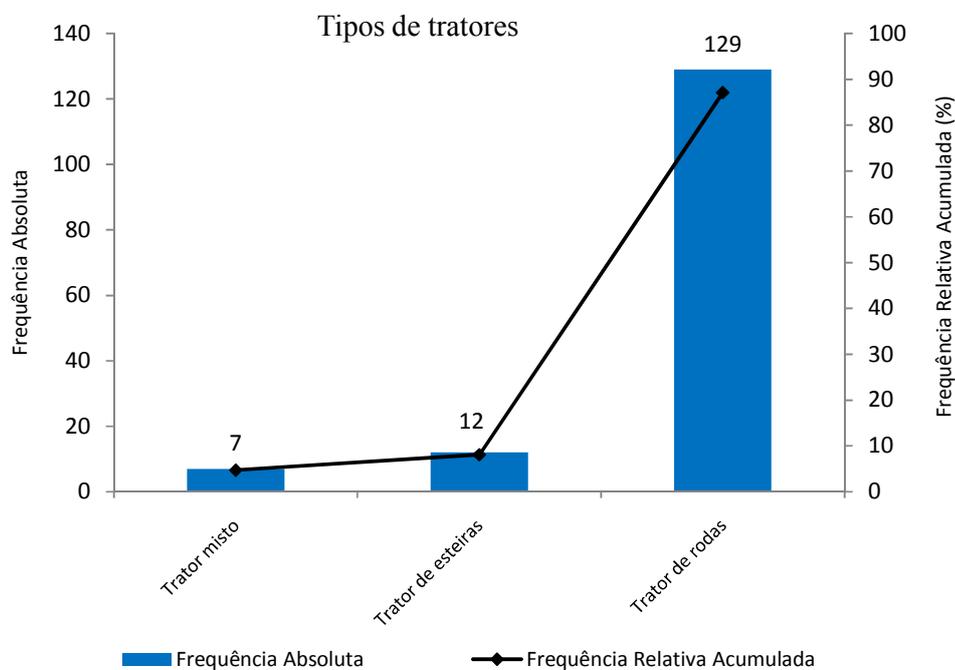
Nas mesorregiões de Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Oeste de Minas e Campos das Vertentes, não apresentaram dados referente a ocorrência de acidentes envolvendo tratores na presente pesquisa, más é importante esclarecer que as informações aqui apresentadas compreendem ao período de janeiro de 2008 a setembro 2011, portanto, há

possibilidade de terem ocorridos acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam as mesorregiões citadas acima em outros períodos.

4.3 Classificação dos tratores envolvidos em acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais

A Figura 15, evidenciou-se os resultados da análise de frequência para a classificação dos tipos de tratores envolvidos em acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais quanto ao tipo de rodado.

Figura 15 - Tipos de trator envolvidos em acidentes nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Constatou-se que dos 148 acidentes ocorridos durante o período da pesquisa a grande maioria ocorreram com tratores de rodas, obtendo um total de 129 acidentes, já com os tratores do tipo esteiras e misto (semi-esteira) ocorreram 12 e 7 acidentes respectivamente. Esse resultado é semelhante ao analisado por Monteiro e Santos (2013), que verificaram em sua pesquisa sobre acidentes envolvendo tratores que 97% dos acidentes foram com tratores

de roda, e os 3% restante dos acidentes foram com tratores de esteira, não sendo verificados acidentes com tratores mistos pelos referidos autores.

Analisando os tipos de tratores envolvidos nos acidentes nas mesorregiões do estado de Minas Gerais (Tabela 9), verifica-se que os tratores de rodas são os que mais se envolveram em acidentes com 87,17% e os tratores do tipo misto (semi-esteira) apresentaram o menor valor com 4,73%.

Tabela 9 - Análise de frequência dos tipos de tratores envolvidos nos acidentes no estado de Minas Gerais

Tipos de tratores	n° de acidentes	ni(%)	Ni	Ni(%)
Trator misto	7	4,73	7	4,73
Trator de esteiras	12	8,11	19	12,84
Trator de rodas	129	87,16	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

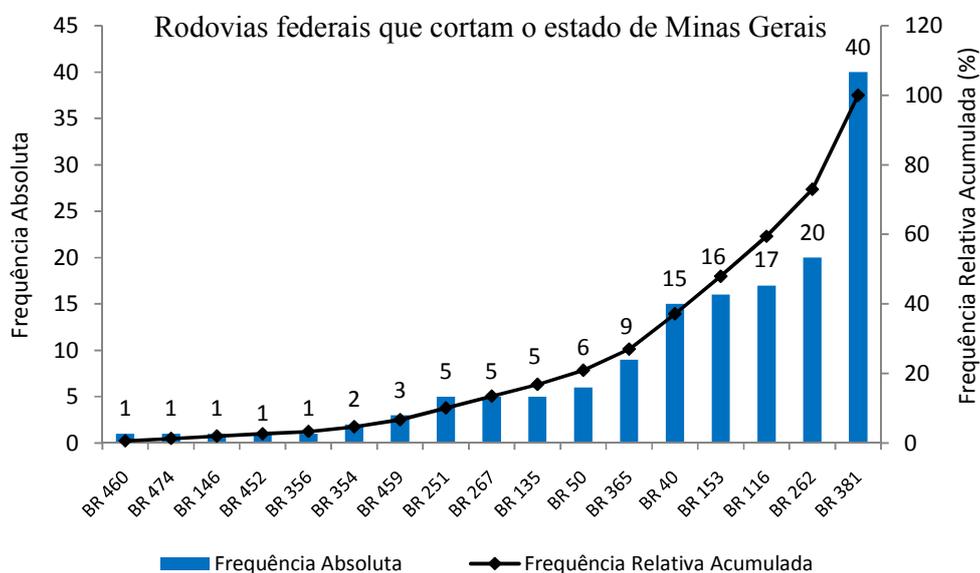
Esse percentual de acidentes envolvendo aproximadamente, 87,2% tratores de rodas, pode ser justificativa pelo maior número desse tipo de máquina agrícola nas propriedades rurais do estado de Minas Gerais, em comparação com os tipos esteiras e misto (semi-esteira). Macedo (2014), realizando caracterização dos acidentes com tratores agrícolas nas rodovias federais brasileiras, verificou que 88,11% dos acidentes foram com tratores de roda, 8,62% com tratores mistos (semi-esteira) e 3,27% com tratores de esteiras.

4.4 Número de acidentes por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais

Analisando as rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais (Figura 16),verificou-se que a rodovia federal em que foi observado maior número de acidentes com tratores foi a BR 381 com 40 acidentes e na segunda posição com 20 acidentes apareceu a BR 262. Em relação a ocorrência de acidentes em rodovias, Monteiro e Albiero (2013), afirmam que os acidentes envolvendo tratores em rodovias brasileiras que para preservar a integridade e a vida das pessoas, alguns cuidados devem ser tomados ao circularam com tratores em estradas, rodovias e outras vias públicas, seja no meio urbano ou rural. Os autores citam ainda que para circulação em vias públicas, o trator deve permanecer com os faróis dianteiros ligados e estes devem ser de luz branca ou luz amarela, já os faróis traseiros que são os faróis

de trabalho estes deverão permanecer desligados durante a circulação, pois podem ofuscar a visão dos condutores dos veículos que vem atrás, contribuindo para a ocorrência de acidentes.

Figura 16 - Número de acidente por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Na Tabela 10, foi possível observar que a rodovia federal que corta o estado de Minas Gerais com maior número de acidentes envolvendo tratores foi a BR 381 com cerca de 27,03% dos acidentes, em seguida a BR 262 com um percentual em torno de 13,51%.

Tabela 10 - Análise de frequência do número de acidente por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais (continua)

BRs que cortam o estado de Minas Gerais	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
BR 460	1	0,68	1	0,68
BR 474	1	0,68	2	1,35
BR 146	1	0,68	3	2,03
BR 452	1	0,68	4	2,70
BR 356	1	0,68	5	3,38
BR 354	2	1,35	7	4,73
BR 459	3	2,03	10	6,76
BR 251	5	3,38	15	10,14
BR 267	5	3,38	20	13,51

Tabela 10 - Análise de frequência do número de acidente por rodovia federal que cortam o estado de Minas Gerais (conclusão)

BRs que cortam o estado de Minas Gerais	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
BR 135	5	3,38	25	16,89
BR 050	6	4,05	31	20,95
BR 365	9	6,08	40	27,03
BR 040	15	10,14	55	37,16
BR 153	16	10,81	71	47,97
BR 116	17	11,49	88	59,46
BR 262	20	13,51	108	72,97
BR 381	40	27,03	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

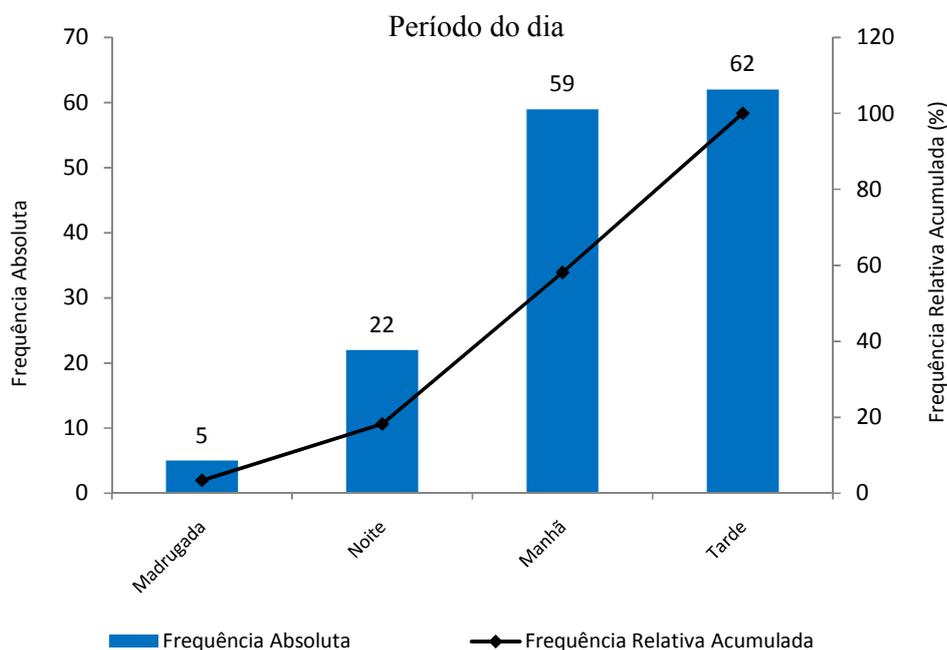
A predominância de acidentes na rodovia federal BR 381, provavelmente, deve-se ao fato dessa rodovia apresentar a segunda maior extensão entre as vias com registro de acidentes no estado de Minas Gerais com um total de 951,8 km, além ser a principal via de ligação entre a região Metropolitana de Belo Horizonte e o estado de São Paulo, um dos mais importantes eixos de transporte de carga e de passageiros de todo o país. Já a segunda rodovia federal com maior percentual em número de acidentes, BR 262 apresenta a maior extensão no estado de Minas Gerais com 1005 km.

4.5 Períodos do dia de ocorrência dos acidentes

Em relação à descrição do período do dia em que ocorreram os acidentes com tratores, os horários foram devidos nos seguintes períodos: manhã, tarde, noite e madrugada, respectivamente (Figura 17). O período do dia em que ocorreu maior número de acidentes com tratores foi o período da tarde com 69 acidentes, em seguida o período da manhã com 62 acidentes, seguidos pelos períodos da noite e madrugada com 12 e 5 acidentes, respectivamente.

Esses resultados corroboram com os resultados verificados por Monteiro e Santos (2013), em seu trabalho os referidos autores dividiram o dia em três períodos sendo o período da tarde, o que apresentou o maior número de ocorrência de acidentes seguido, pelo período da manhã e pelo período da noite.

Figura 17 - Período do dia de ocorrência dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Conforme exposto abaixo (Tabela 11), o período da tarde apresentou maior porcentagem de acidentes com 41,89%, em segundo lugar o período da manhã com 39,86%, período da noite com 14,86% e por ultimo o período da madrugada com 3,38% dos acidentes com tratores.

Tabela 11 - Análise de frequência do período do dia de ocorrência dos acidentes

Período do dia	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
Madrugada	5	3,38	5	3,38
Noite	22	14,86	27	18,24
Manhã	59	39,86	86	58,11
Tarde	62	41,89	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

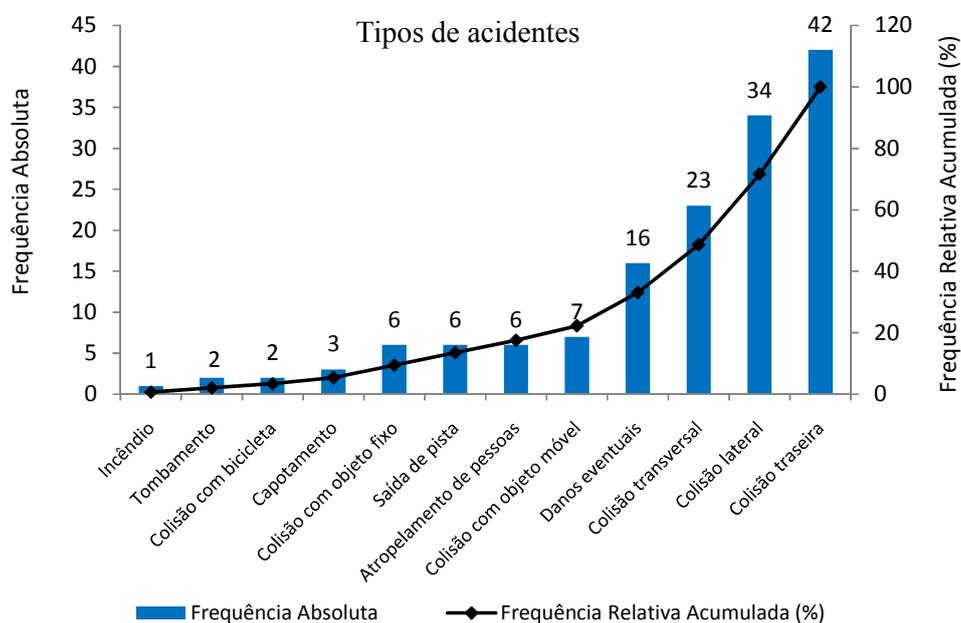
Acreditou-se que a maior concentração de acidentes no período da tarde, provavelmente, dê-se ao fato deste horário coincidir com o fim da jornada de trabalho diária nas propriedades agrícolas. Neste período do dia, o operador tende a está mais cansado, e pode distrai-se durante a operação da máquina e com isso aumentando a probabilidade de

ocorrência de acidentes nas rodovias em que esta trafegando. Os resultados encontrados nesta pesquisa realizada nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais corroboram com os resultados de trabalho realizado por Laughlin (2009), onde os valores encontrados foram o período da manhã (36,8%), período da tarde (41,8%) e no período da noite (21,4%). O autor citado dividiu o dia em apenas três períodos, diferindo nesse quesito quanto a divisão adotada nessa pesquisa.

4.6 Classificação dos tipos de acidentes

Os dados referentes à variável tipo de acidente obtidos por meio de distribuição de frequência foram representados no histograma abaixo (Figura 18), que demonstrou a distribuição dos 148 acidentes envolvendo tratores nas rodovias que cortam o estado de Minas Gerais e seus referentes tipos (colisão com objeto fixo, colisão traseira, colisão transversal, colisão lateral, colisão com objeto móvel, tombamento, atropelamento de pessoas, danos eventuais, saída de pista, capotamento, incêndio, colisão com bicicleta).

Figura 18 - Tipos de acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O tipo de acidente com maior frequência na presente pesquisa foi a colisão traseira com 42 acidentes corroborando com os resultados de pesquisa realizada por Debiasi

(2002), em que o autor constatou que no interior das propriedades agrícolas, as colisões ocorrem em número reduzido, são em vias de circulação, estradas, ruas e rodovias, onde este tipo de acidente acontece com maior frequência.

Analisando os dados relativos aos tipos de acidentes (Tabela 12), foi possível observar que os diversos tipos de colisões (colisão com objeto fixo, colisão traseira, colisão transversal, colisão lateral e colisão com objeto móvel) somados, correspondem por cerca 75,68% dos acidentes ocorridos nas rodovias que cortam o estado de Minas Gerais e os demais tipos de acidentes correspondem aos 24,32% restantes.

Tabela 12 - Análise de frequência do tipo de acidente

Descrição Tipo Acidente	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
Incêndio	1	0,68	1	0,68
Tombamento	2	1,35	3	2,03
Colisão com bicicleta	2	1,35	5	3,38
Capotamento	3	2,03	8	5,41
Colisão com objeto fixo	6	4,05	14	9,46
Saída de pista	6	4,05	20	13,51
Atropelamento de pessoas	6	4,05	26	17,57
Colisão com objeto móvel	7	4,73	33	22,30
Danos eventuais	16	10,81	49	33,11
Colisão transversal	23	15,54	72	48,65
Colisão lateral	34	22,97	106	71,62
Colisão traseira	42	28,38	148	100,00

ni = frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

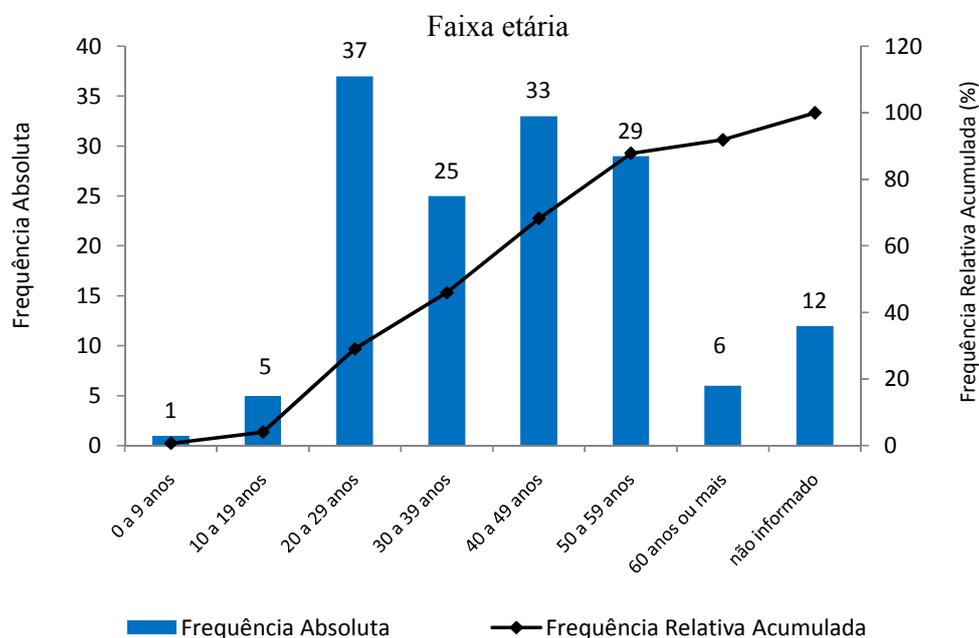
Grandes partes das colisões podem está relacionadas à baixa velocidade desenvolvida pelos tratores em circulação nas rodovias federais, a imprudência do operador e a falta de sinalização nessas máquinas como: faixas refletivas, luzes de sinalização de freio, sinaleiras de indicação de mudança de direção, faroletes e retrovisores. O Brasil ainda apresenta em sua frota tratores e máquinas agrícolas antigas e em péssimo estado de conservação, que quando essas máquinas circulam nas vias sem a mínima sinalização exigida pelos órgãos de trânsito para transitar, dificultando sua visualização pelos demais condutores de veículos que trafegam nas rodovias e o risco de acidentes torna-se mais evidente.

Monteiro (2010), em suas pesquisas realizadas em regiões de alta produtividade agrícola, como as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, em épocas de safra, é comum a circulação de máquinas em estradas e rodovias. O autor complementa ainda que esta prática tem causado muitos acidentes graves e fatais pelas vias públicas do país. Por se tratar de máquinas grandes como colhedoras e semeadoras, ao transitarem em vias, ocupam mais da metade da faixa de rolamento, proporcionando risco iminente para os usuários das vias, sendo assim, frequente a ocorrência de colisões com veículos.

4.7 Faixa etária dos operadores

Em relação a faixa etária dos operadores de tratores envolvidos em acidentes nas rodovias federais do estado de Minas Gerais, foram divididos em faixas etárias de 10 anos: 0 – 9, 10 – 19, 20 – 29, 30 – 39, 40 – 49, 50 – 59 e 60 anos ou mais, respectivamente (Figura 19) e também houve dados em que não foi informado a faixa etária dos operadores acidentados.

Figura 19 - Faixa etária dos operadores envolvidos nos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Segundo Mccurdy e Carroll (2000), examinando as características do condutor de tratores agrícola, os operadores mais jovens são muitas vezes, os que apresentam maior risco

de lesão em acidentes do que os indivíduos de meia-idade por causa de deficiências na habilidade e experiência. Já operadores de máquinas agrícolas mais velhos são muitas vezes, mais susceptíveis a risco de lesão do que os indivíduos de meia-idade por causa de deficiências sensoriais e musculares e problemas de saúde relacionados com a idade (PICKETT *et al.*, 1996).

Analisando os dados da pesquisa (Tabela 13), foi possível identificar que a faixa etária de 20 a 29 anos foi a que apresentou maior percentual de operadores envolvidos em acidentes com tratores, correspondendo a 25 % dos casos, seguidas pela faixa de 40 a 49 anos com cerca de 22,30% e pela faixa de 50 a 59 anos com 19,59% dos acidentes e aproximadamente 8,11% dos acidentes não tiveram a faixa etária informada.

Tabela 13 - Análise de frequência da faixa etária dos operadores acidentados

Faixa Etária dos operadores	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
0 a 9 anos	1	0,68	1	0,68
10 a 19 anos	5	3,38	6	4,05
20 a 29 anos	37	25,00	43	29,05
30 a 39 anos	25	16,89	68	45,95
40 a 49 anos	33	22,30	101	68,24
50 a 59 anos	29	19,59	130	87,84
60 anos ou mais	6	4,05	136	91,89
Não informado	12	8,11	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

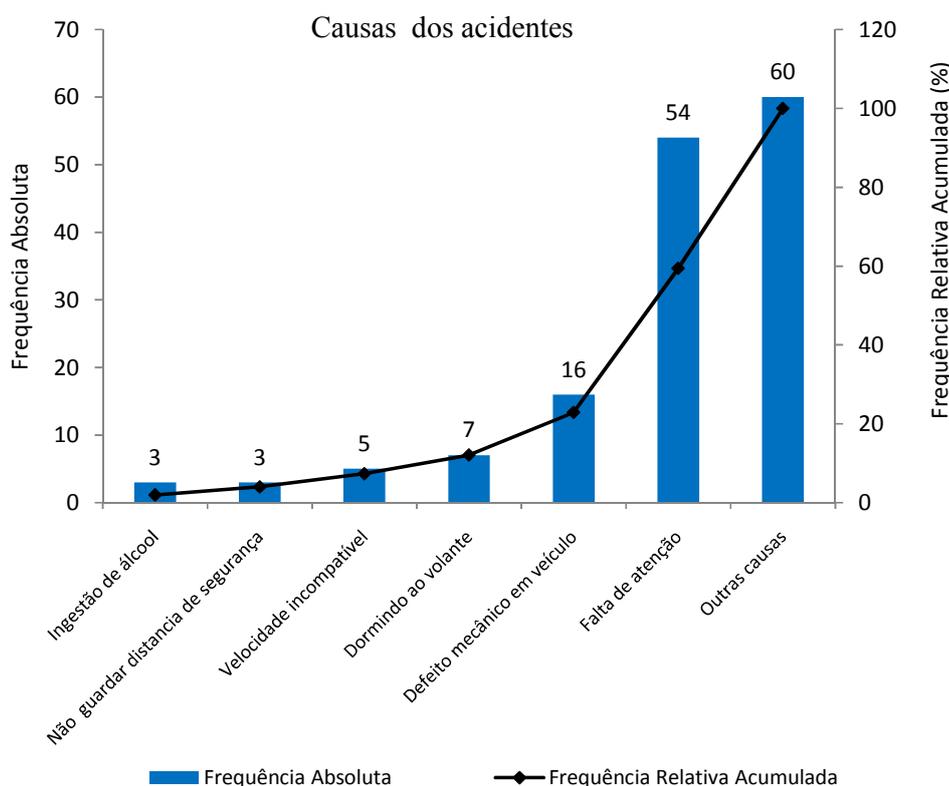
A faixa etária de 0 – 9 anos foi a faixa etária com menor percentual de acidentados, porém de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro não é permitido que uma criança conduza um trator, já a faixa etária de 10 – 19 apresenta o segundo menor percentual de acidentados, é necessário observar que somente aos 19 anos é possível o condutor possuir a Carteira Nacional de Habilitação (CNH) com categoria C, e que para ser habilitado nessa categoria, se faz necessário um ano de categoria B. Para ser habilitado na categoria B indivíduo deve ter idade mínima de 18 anos, ou seja, possui pouca experiência com apenas um ano de habilitação. Para Monteiro (2012), operadores de máquinas agrícolas com maior experiência na realização de atividades de mecanização agrícola, apresentam excesso de

confiança, isso faz com que estes operadores realizem as atividades de forma e condições inseguras, ocasionando acidentes graves.

4.8 Causas dos acidentes

As causas dos acidentes identificadas e catalogadas na presente pesquisa foram: ingestão de álcool, não guardou distância de segurança, velocidade incompatível, condutor dormindo, defeito mecânico em veículo, falta de atenção e outros motivos não informados (Figura 20). Dos 148 acidentes analisados na pesquisa, 88 acidentes distribuídos nas causas citadas acima e os demais que somam 60 acidentes não apresentam causas definidas, ou seja, ao chegar ao local do acidente, o policial rodoviário federal não conseguiu evidências para identificar o que teria provocado os acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais.

Figura 20 - Causas dos acidentes com tratores nas rodovias federais no estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

As causas de acidentes com tratores mais observadas na presente pesquisa foram falta de atenção, com aproximadamente, 36,49%, seguida de defeito mecânico em veículo com cerca de 10,81% e outras causas correspondem a cerca de 40,54% dos acidentes (Tabela 14).

Tabela 14 - Análise de frequência das causas dos acidentes

Causa dos Acidentes	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
Ingestão de álcool	3	2,03	3	2,03
Não guardar distancia de segurança	3	2,03	6	4,05
Velocidade incompatível	5	3,38	11	7,43
Dormindo ao volante	7	4,73	18	12,16
Defeito mecânico em veículo	16	10,81	34	22,97
Falta de atenção	54	36,49	88	59,46
Outras causas	60	40,54	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

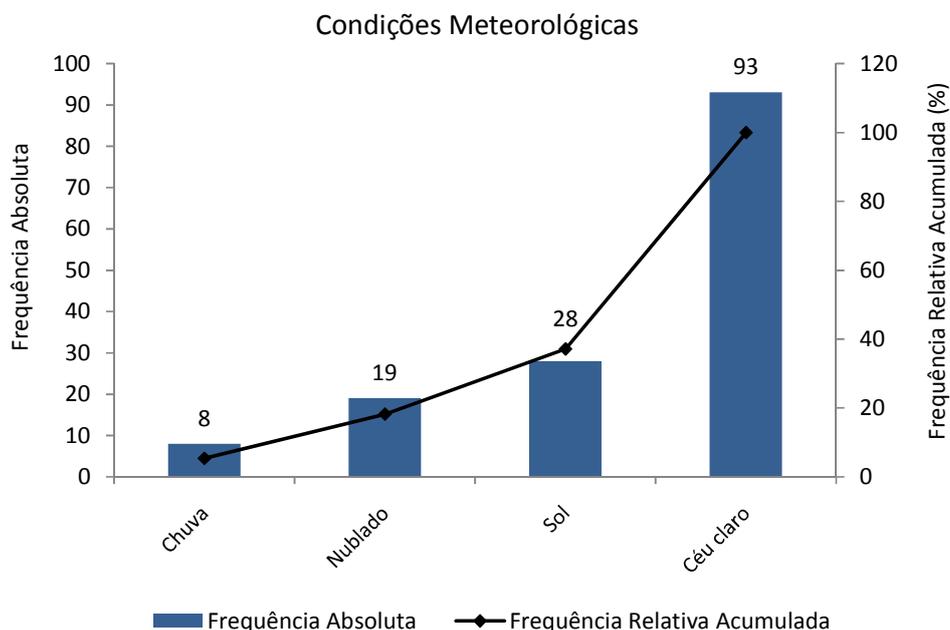
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A predominância de falta de atenção como causa de acidente pode ter ocorrido devido excesso de confiança dos operadores de tratores e falta de capacitação adequada por parte dos operadores que podem levá-los a se envolver em acidentes graves, já Schlosser *et al.* (2002), em pesquisa realizada no estado do Rio Grande do Sul, os autores identificaram que, 60,74% dos operadores não frequentam cursos de operação de tratores e máquinas agrícolas.

4.9 Condições meteorológicas no momento dos acidentes

Para analisar as condições meteorológicas no momento em que ocorreram os acidentes com tratores (Figura 21), foi realizada uma classificação em quatro condições distintas, a saber: céu claro, sol, nublado e chuva. Essa divisão permitiu observar se as condições de tempo consideradas ruins como nublado e chuva, que diminuem a visibilidade dos condutores de veículos que trafegam pelas vias, aumentou o risco de acidentes envolvendo os condutores de tratores e demais veículos que circulam pelas rodovias federais, ou se as maiorias dos acidentes ocorreram em condições de sol e de céu claro, ou seja, com boa visibilidade.

Figura 21 - Condições meteorológicas no momento dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A análise de frequência das condições meteorológicas, no momento em que ocorreram os acidente (Tabela 15), foi possível verificar que 62,84% dos acidentes ocorreram em condições de céu claro, 18,91% dos acidentes em condições de sol, 12,84% dos acidentes em condição nublada e 5,41% em condições de chuva.

Tabela 15 - Análise de frequência das condições meteorológicas no momento de ocorrência dos acidentes.

Condições Meteorológicas	ni	ni(%)	Ni	Ni(%)
Chuva	8	5,41	8	5,41
Nublado	19	12,84	27	18,24
Sol	28	18,92	55	37,16
Céu claro	93	62,84	148	100,00

ni= frequência absoluta, ni(%)= frequência relativa, Ni= frequência acumulada, Ni(%)= frequência relativa acumulada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Diante dos dados apresentados na tabela acima foi possível observar que na condição meteorológica céu claro, ocorreram mais de 60% dos acidentes o que demonstra não haver relação direta dos acidentes com as condições de tempo consideradas ruim (nublado e chuvoso), pelos condutores das vias. Geralmente as condições meteorológicas adversas com

presença de chuva ou nevoeiro influenciam e agravam o nível de ocorrência de acidentes envolvendo tratores e demais veículos nas rodovias, principalmente, em acidentes relacionados a colisões, como apontam Adrey *et al.* (2013), em pesquisa no Canadá em que os autores verificaram que das 23 cidades avaliadas, mesmo com equipamentos de proteção à chuva e à neve, tiveram seus riscos de acidentes aumentados em relação a condições normais, principalmente riscos de colisões.

4.10 Análises geostatística dos acidentes com tratores nas rodovias federais no estado de Minas Gerais

Na Tabela 16, verificou-se a análise descritiva dos acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam estado de Minas Gerais, referente à média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, assimetria e curtose, para avaliação dos atributos: tipos de acidentes, a faixa etária dos operadores acidentados, as causas dos acidentes, as condições meteorológicas no momento em que ocorreram os acidentes, rodovias federais e o período do dia em que ocorreram os acidentes.

Tabela 16 - Análise descritiva dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais

Atributos	Md	Dp	Var	VI. Mín	VI. Máx	As	Cu
Tipo de acidente	3,13	2,47	6,08	1,00	12,00	1,56	2,00
Faixa etária	2,97	1,65	2,73	1,00	8,00	0,57	-0,54
Causas dos acidentes	2,09	1,38	1,90	1,00	7,00	1,84	3,24
Condições meteorológicas	1,62	0,92	0,84	1,00	4,00	1,29	0,53
Rodovias federais	4,28	3,49	12,17	1,00	17,00	1,23	0,93
Período do dia	1,82	0,82	0,67	1,00	4,00	0,78	-0,03

Md = Média, Dp= Desvio padrão, Var= Variância, VI.Mín.=Valor Mínimo, VI.Max.= Valor Máximo, As=Assimetria, Cu= Curtose

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os atributos faixa etária e período do dia apresentaram assimetria considerada moderada, pois os valores observados foram próximo a 1. Já os atributos tipo de acidente, causas dos acidentes, condições meteorológicas e rodovias federais apresentaram valores superiores a 1 o que caracteriza-se como assimetria elevada.

Em relação à curtose, os atributos tipo de acidente, faixa etária, condições meteorológicas, rodovias federais e período do dia apresentam valores dentro do intervalo -2 e

2, já o atributo causas dos acidentes apresentou valor de curtose 3,24, ou seja, superior ao valor de limite 2, conforme Gonçalves *et al.*(2001), que afirmam que a análise exploratória dos dados torna possível admitir, em princípio, estas distribuições como suficientemente simétricas para o estudo geoestatístico e parcialmente, com informações fornecidas por Hines *et al.* (2006) que afirmam que a normalidade pode ser considerada normal se os valores do coeficiente assimetria e de curtose se apresentassem dentro do intervalo -2 e 2, ou seja, se adequando a uma curva de distribuição normal. Para Azevedo (2004), a normalidade dos dados não é condição necessária para aplicação de técnicas de geoestatística.

Na Tabela 17, encontram-se os parâmetros estimados pelos semivariogramas para os atributos de tipo de acidente, faixa etária dos operadores acidentados, causas dos acidentes, condições meteorológicas no momento em que ocorreram os acidentes, rodovias federais onde ocorreram os acidentes e período do dia para as variáveis, modelo do semivariograma, efeito pepita, patamar, alcance, grau de dependência espacial e coeficiente de determinação.

Tabela 17 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas para os acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais

Atributos	Modelo	C_0	C_0+C	A_0	$C/(C+C_0).100$	R^2
Tipo de acidente	Exponencial	3,65	8,42	311.000	99,99	0,445
Faixa etária	Linear	2,81	2,81	311.449	99,99	0,025
Causas dos acidentes	Exponencial	0,95	1,90	60.000	100,00	0,044
Condições meteorológicas	Esférico	0,08	0,86	3.000	100,00	0,000
Rodovias federais	Gaussiano	3,10	37,20	3.354.000	100,00	0,751
Período do dia	Linear	0,65	0,71	311.449	99,99	0,035

C_0 – efeito pepita; C_0+C – patamar; A_0 – alcance; $C/(C+C_0).100$ – grau de dependência espacial; e R^2 – coeficiente de determinação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Analisando as informações da tabela anterior, verificou-se que os atributos avaliados para os acidentes com tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, tipo de acidente e causas dos acidentes se ajustaram melhor ao semivariograma de modelo exponencial, faixa etária e período do dia ao modelo linear, condições meteorológicas ao modelo esférico e rodovias federais ao modelo gaussiano.

Em relação ao efeito pepita (C_0), o atributo tipo de acidente apresentou efeito pepita de 3,65, causas dos acidentes 0,95, condições meteorológicas 0,08, rodovias federais 3,10, período do dia 0,65. Para Scolforo e Mello (2006), que afirmam que quanto menor o efeito pepita melhor é a estimativa no processo de krigagem. Para Faria *et al.* (2008), o efeito

pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. Já o atributo faixa etária apresentou efeito pepita puro de 2,81, ou seja, efeito pepita igual ao valor do patamar. Segundo Vieira (2000) que alguns atributos apresentaram efeito pepita puro, característica da ausência de dependência espacial, em que a variabilidade é associada ao efeito aleatório, ou seja, à independência das amostras.

Os atributos avaliados apresentaram valor de patamar (C_0+C) variando de 0,71 para período do dia a 37,20 para rodovias federais. Esses resultados são explicados por Andriotti (2005), que afirma que o patamar é o valor no qual o semivariograma se estabiliza no campo aleatório, sendo, portanto o ponto a partir do qual as amostras tornam-se independentes devido à grande distância que as separa e corresponde à variância total que pode ser obtida pela estatística clássica.

Em relação ao alcance (A_0), foram observados valores variando de 3.000 m para o atributo condições meteorológicas a 3.354.000 m para o atributo rodovias federais. Esses resultados são esclarecidos por Andriotti, (2005), que explica que o alcance reflete o grau de homogeneização entre as amostras, ou seja, quanto maior for a alcance maior será a homogeneidade entre as amostras. Nesse sentido, o semivariograma dá um significado preciso da noção tradicional de zona de influência.

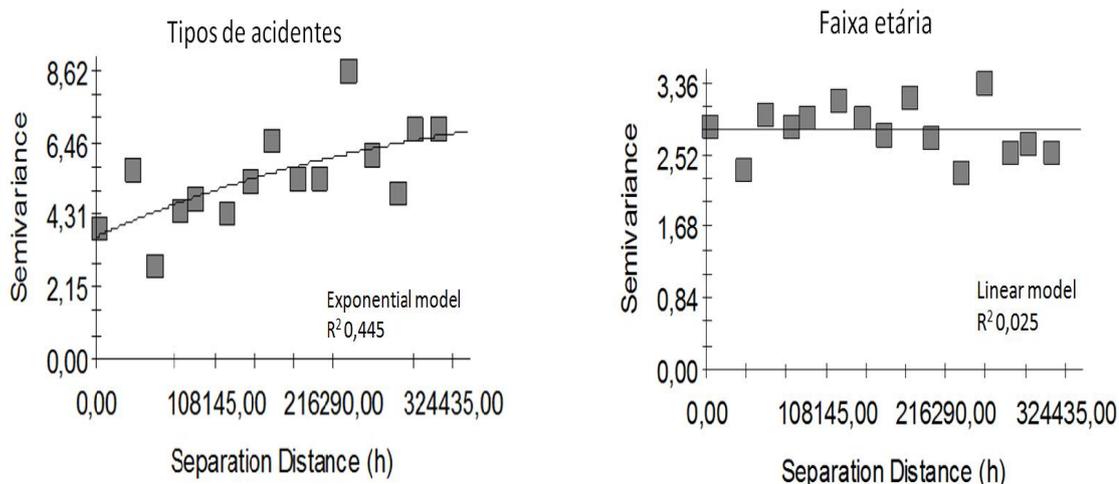
Analisando o Índice de Dependência Espacial (IDE), representado pela fórmula $C/(C+C_0).100$ todos os atributos analisados apresentaram IDE entre 99,99 a 100% considerados como IDE forte ($\geq 75\%$), conforme Zimback (2001), que considera dependência espacial fraca ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE < 75\%$) e forte ($IDE \geq 75\%$).

Na Figura 22, demonstrou-se o semivariograma do atributo tipos de acidentes com tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, onde foi possível visualizar que o modelo de semivariograma que mais se adequou foi o tipo exponencial e o coeficiente de determinação (R^2) apresentado foi $R^2 = 0,445$.

Na Figura 23 observou-se o semivariograma do atributo faixa etária dos operadores acidentados nas rodovias federais no estado de Minas Gerais, onde é possível verificar que o modelo de semivariograma mais ajustado foi o tipo linear e o coeficiente de determinação (R^2) apresentado foi $R^2 = 0,025$, ou seja muito baixo.

Figura 22 - Semivariograma dos tipos de acidentes com tratores no estado de Minas Gerais

Figura 23 - Semivariograma da faixa etária dos operadores acidentados no estado de Minas Gerais



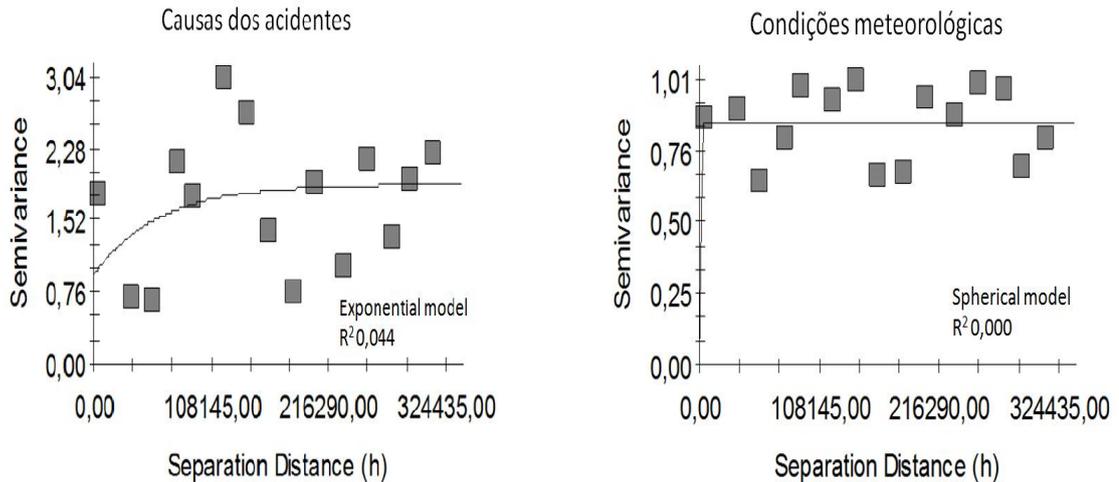
Os resultados apresentados nos gráficos acima são explicados por Yamamoto (2001), que define o semivariograma como uma ferramenta básica que permite descrever a variação de um fenômeno regionalizado no espaço, onde a forma usual de plotagem do semivariograma e a colocação dos valores de $\gamma(h)$ no eixo das ordenadas e a dos valores de h no eixo das abscissas, fazendo as duas origens iguais a zero coincidirem.

Na Figura 24, apresentou-se o semivariograma do atributo causas dos acidentes com tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, em que foi possível visualizar que o modelo de semivariograma mais apropriado foi o do tipo exponencial e o coeficiente de determinação (R^2) apresentado foi $R^2 = 0,044$, ou seja, um coeficiente de determinação baixo.

Na Figura 25 observou-se o semivariograma do atributo condições meteorológicas no momento de ocorrências dos acidentes com tratores em Minas Gerais, onde é possível considerar que o modelo de semivariograma mais ajustado foi o do tipo esférico e o coeficiente de determinação (R^2) apresentado foi $R^2 = 0,000$. Essas informações corroboram com Andriotti (2005), que enfatiza que a estatística clássica considera as amostras como completamente independentes entre si, enquanto que a geoestatística assume correlação entre elas, e a forma de expressar esta correlação é por meio da função variograma ou semivariograma.

Figura 24 - Semivariograma das causas dos acidentes com tratores

Figura 25 - Semivariograma das condições meteorológicas no momento dos acidentes



Na Figura 26, observou-se o semivariograma do atributo rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais, onde foi possível visualizar que o modelo de semivariograma que mais adequado foi o tipo gaussiano e o coeficiente de determinação (R^2) apresentado foi $R^2 = 0,751$. Na Figura 27 apresentou-se o semivariograma do atributo do período do dia em que ocorreram os acidentes em Minas Gerais, onde é possível considerar que o modelo de semivariograma mais ajustado foi o do tipo linear e o coeficiente de determinação (R^2) apresentado foi $R^2 = 0,035$, ou seja, coeficiente de determinação baixo. Vários autores discorrem sobre a aplicação de metodologia geoestatística (Zhu e Shao, 2008; Brocca *et al.*, 2007; Cichota *et al.*, 2006; Hébrard *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2005) e que, por meio da geoestatística, é possível conhecer a continuidade de uma variável de interesse, em toda uma área de estudo, demonstrando a variação espacial da variável pesquisada.

Figura 26 – Semivariograma das rodovias em que ocorreram os acidentes

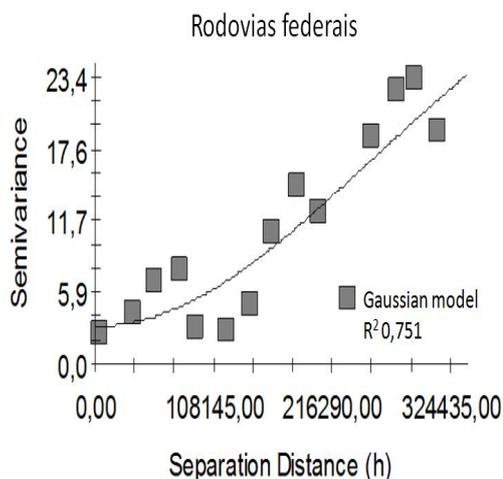
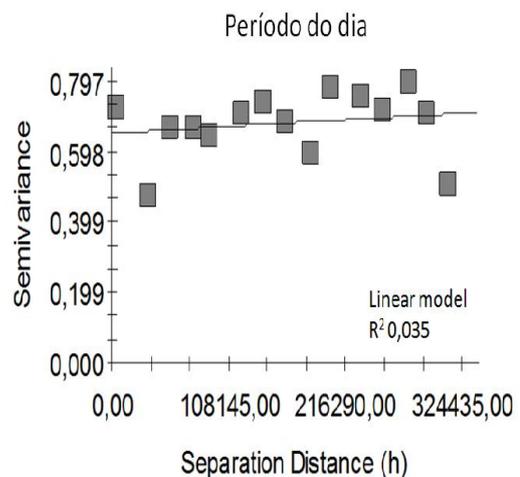


Figura 27 – Semivariograma do período do dia em que ocorreram os acidentes



Na Figura 28, foi representado o mapa de krigagem do atributo tipo de acidentes, em que foi possível visualizar que a maioria dos acidentes ocorridos foram: colisão traseira, colisão lateral e colisão transversal e estes ocorreram nas rodovias federais localizadas a oeste e a leste do estado de Minas Gerais, representadas no mapa pelas cores mais escuras em tons de vermelho.

Na Figura 29, foi representado o mapa de krigagem do atributo faixa etária, em que foi possível visualizar que as faixas etárias com maior número de operadores acidentados foram: 20 a 29, 40 a 49 e 50 a 59 anos e que estas estão distribuídas por todo o estado de Minas Gerais, representadas no mapa pelas cores mais escuras em tons de vermelho.

Figura 28 - Mapa de krigagem do atributo tipos de acidentes

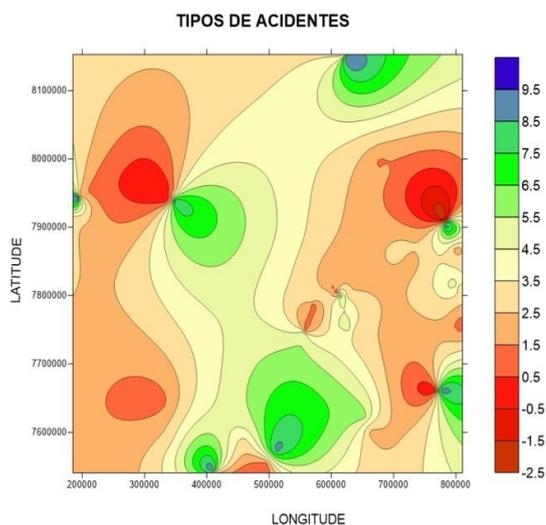
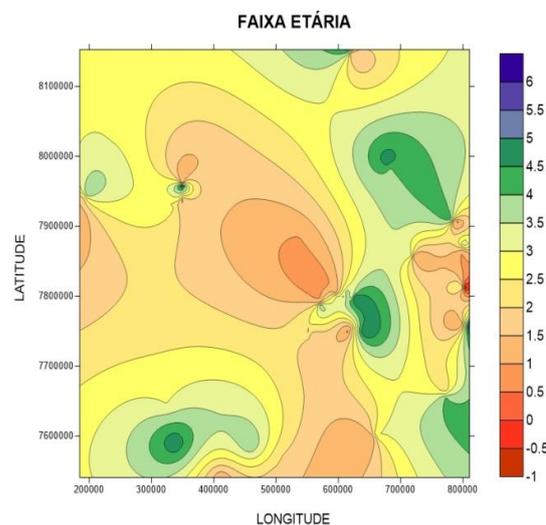


Figura 29 - Mapa de krigagem do atributo faixa etária dos operadores acidentados



Na Figura 30, foi representado o mapa de krigagem do atributo causas dos acidentes, em que foi possível visualizar que as causas mais observadas foram: outras causas, falta de atenção e defeito mecânico em veículo, estão distribuídas a leste e norte do estado de Minas Gerais, representadas no mapa pelas cores mais escuras em tons de vermelho.

Na Figura 31, foi representado o mapa de krigagem do atributo condições meteorológicas, em que é possível visualizar que céu claro, sol e nublado, foram às condições meteorológicas em que ocorreram a maioria dos acidentes com tratores nas rodovias federais no estado de Minas Gerais, com concentração em todo o estado, representadas no mapa pelas cores mais escuras em tons de vermelho.

Figura 30 - Mapa de krigagem do atributo causas dos acidentes

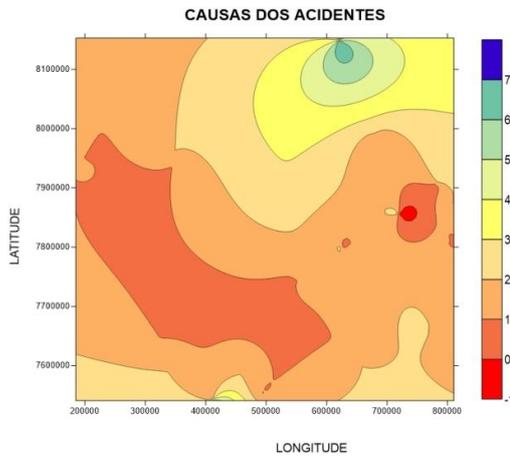
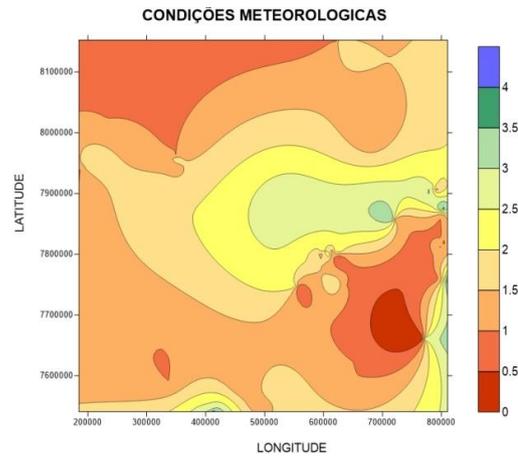


Figura 31 - Mapa de krigagem do atributo condições meteorológicas



Na Figura 32, foi representado o mapa de krigagem do atributo rodovias federais, em que foi possível visualizar que as rodovias federais no estado de Minas Gerais com maior número de acidentes com tratores foram: BR 381, BR 262 e BR 116, ocorreram nas rodovias federais localizadas a oeste e a leste do estado de Minas Gerais, representadas no mapa pelas cores mais escuras em tons de vermelho.

Na Figura 33, foi representado o mapa de krigagem do atributo período do dia, em que foi possível visualizar que os acidentes com operadores acidentados nas faixas etárias de 20 a 29, 40 a 49 e 50 a 59 anos, foram as faixas etárias em que houveram maior número de acidentes registrados, estão distribuídas a oeste e leste do estado de Minas Gerais, representadas no mapa pelas cores mais escuras em tons de vermelho.

Figura 32 - Mapa de krigagem do atributo rodovias federais

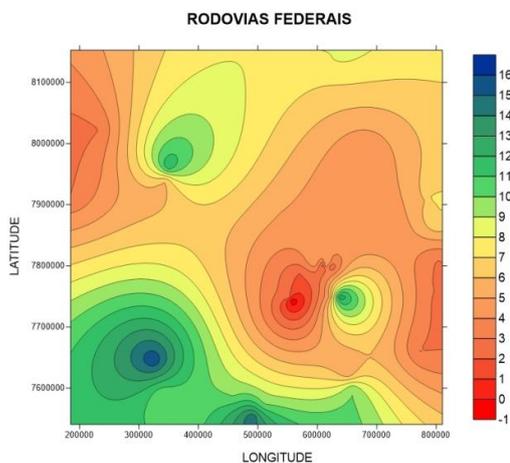
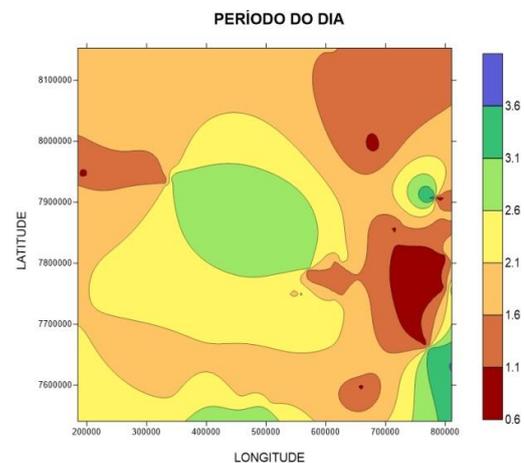


Figura 33 - Mapa de krigagem do atributo período do dia



As cores mais fortes (escuras) nos mapas de krigagem representam maior concentração das variáveis predominantes dentro de cada atributo referente aos acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais e já a as cores menos fortes (claras) a menor concentração das variáveis analisados dos acidentes. A aplicação de mapas de krigagem no presente trabalho, corrobora com Carvalho *et al.*,(2003), que afirma que a variabilidade espacial pode ser representada por mapas, construída a partir das estimativas da variável estudada.

4. 11 Considerações Finais

Diante dos dados expostos no presente trabalho, constatou-se que é relevante a ocorrência de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais. Propõe-se que possíveis medidas sejam tomadas como, campanhas educativas de trânsito, ações de conscientização e capacitação dos operadores de máquinas e tratores agrícolas, melhoria na conservação das rodovias, além de uma fiscalização mais efetiva por parte das autoridades do setor em relação à circulação de máquinas agrícolas nas rodovias federais no estado como o objetivo de reduzir a ocorrência de acidentes.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados concluiu-se que:

O uso de ferramentas de SIG mostrou-se eficiente para o mapeamento dos acidentes com tratores nas rodovias federais do estado de Minas Gerais.

Entre as mesorregiões que compõem o estado de Minas Gerais, a que apresentou maior número de acidentes envolvendo tratores foi a mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte.

Entre os tipos de tratores, os tratores de rodas foram responsáveis pela maioria dos acidentes.

A rodovia federal com maior registro de acidentes no estado de Minas Gerais em sua extensão foi a BR 381.

O período do dia com maior registro de acidentes no estado de Minas Gerais foi o período da tarde.

As colisões foram responsáveis por 114 acidentes sendo colisão traseira o tipo que mais ocorreu com 42 acidentes.

A faixa etária de operadores de tratores que mais se envolveu em acidentes foi entre 20 a 29 anos.

A causa de acidentes com tratores mais observada foi a falta de atenção.

A maioria dos acidentes ocorreu em condições meteorológicas de céu claro e com boa visibilidade da via.

A técnica de krigagem mostrou-se eficiente no estudo dos acidentes com tratores ocorridos nas rodovias federais que cortam o estado de Minas Gerais permitindo uma descrição mais precisa dos atributos avaliados.

REFERÊNCIAS

- ADREY, J. et al. Insights into driver adaptation to inclement weather in Canada. **Journal of Transport Geography**, 28. p. 192-203, 2013.
- American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Lighting and marking of agricultural equipment on highways**. St. Joseph, Michigan, 2006.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Coleção Manual Universitário. São Leopoldo/RS. 1ª reimpressão. 2005. 165p.
- ANAYA H. **Aprovechamiento forestal: analisis de apeo y transporte**. San José, Costa Rica, IICA. 1986. 246p.
- ANARA, I.; MANGADO, J.; ARNAL, P. et al. Evolution of risk factors in fatal accidents in agriculture. **Spanish journal of agricultural research**, v. 8, n. 3. p. 592-598, 2010.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS – ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**, 2014.
- AZEVEDO, E. C. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso**. 2004. 156 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola / Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (BDMG). **Minas Gerais do século XXI: Transformando o desenvolvimento da agropecuária**. v. 4, Viçosa, s.d.. Disponível em: <http://www.bdmg.mg.gov.br/estudos/estudos_mg.asp>. Acesso em: 27 nov. 2014.
- BASTOS, S. Q. A.; GOMES, J. E.; DINÂMICA DA AGRICULTURA NO ESTADO DE MINAS GERAIS: Análise diferencial-estrutural para o período 1994 a 2008. **Revista Ruris**, v.5, n.2, p. 45-76, set. 2011.
- BAKER, W.; DAY, L.; STEPHEN, K.; VOAKLANDER, D.; OZANNE-SMITH, J.; DOSMAN, J.; HAGEL, L. MAKING FARM MACHINERY SAFER. Lessons from injured farmers. Rural Industries **Research and Development Corporation**, Canberra, Publication number 07/190. 2008.
- BATTEN, D.F. Safety and collective behavior on congested traffic networks. **Transportation, traffic safety and health: man and machine**. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2000.
- BERNADES, F. F.; FERREIRA, W. R. A logística em transporte no triângulo mineiro e alto paranaíba: operacionalizando os sistemas agrícolas. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.5, n.13, p. 101-124, jun. 2013.
- BRASIL, Ministério da Educação, **Indicadores Socioeconômico de Minas Gerais ano 2000**. 48p Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/Indicadores%20Socioeconomicos.pdf>> Acesso em 26 nov. 2014.

BRASIL, **CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO**: instituído pela Lei nº 9.503, de 23-9-97 - 1ª edição - Brasília: DENATRAN, 2008. 708 p.: il.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria n.º197, 17 de dezembro de 2010, NR-12 – **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Anuário Estatístico da Previdência Social 2004**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/estatisticas/anuário-estatístico-da-previdencia-social-2004-secao-iv-acidentes-do-trabalho/>>. Acesso em: 21 abr 2014.

BROCCA, L.; MORBIDELLI, R.; MELONE, F.; MORAMARCO, T. Soil moisture spatial variability in experimental areas of central Italy. **Journal of Hydrology**, v.333, p.356-373, 2007.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. 2002. **Análise espacial de eventos**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2014

CÂMARA, C.; MONTEIRO, A. M.; FUCKS, S.D.; CARVALHO, M. S. **Análise espacial de dados espaciais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, SP. 2002.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (Sp). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27:95-703, 2003.

CICHOTA, R.; HURTADO, A. L. B.; LIER, Q. J. VAN. Spatio-temporal variability of soil water tension in a tropical soil in Brazil. **Geoderma**, v.133, p.231-243, 2006.

Committee on Agricultural Safety and Health Research and Extension. **Agricultural Equipmenton Public Roads**. USDA-CSREES, Washington DC, 2009.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Cemig, 2012. 80p.:ilust. ISBN:978-85-87929-50-1.

DAY, L.; RECHNITZER, G. Evaluation of the tractor rollover protective structure rebate Scheme 1997/98. **Monash University Accident Research Centre**, Report Number 155, Melbourne, 1999.

DEBIASI, H. **Diagnostico dos acidentes de trabalho e das condições de segurança na oração de conjuntos tratorizados**. 2002. 290 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F. Acidentes com trator. **Cultivar Máquinas**, v. 12, p.28 -33, 2002.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J.F.; WILLES, J.A. Acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria. V.34, n.3, p. 779-784, 2004.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS– DIEESE. **A situação do trabalho no Brasil na primeira década dos anos 2000.** São Paulo: DIEESE, 2012. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/livro/2012/livroSituacaoTrabalhoBrasil.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Anuário Estatístico das Rodovias Federais 2010.** Acidentes de Trânsito e Ações de Enfrentamento ao Crime. p.687, 2010. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviarias/estatisticas-de-acidentes/anuario-2010.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Nomenclatura das rodovias federais brasileiras.** Brasília, 2014. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

DIESEL, L. E. **SIG na prevenção a acidentes de trânsito.** 2005. 93 f Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC. 2005.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.

ESPÍRITO SANTO, L. S.; MATOS, W.; FONSECA, W. M.; ALENCAR, E. Potencial agroindustrial para o desenvolvimento do sul de Minas: um estudo de caso com lideranças de produtores rurais e profissionais de ciências agrárias. **Revista de Administração da Ufla**, v. 1, n. 1, jan./jun. 1999.

ETHERTON, J.R.; MYERS, J.R.; JENSEN, R.C.; RUSSEL, J.C.; BRADDEE, R.W. Agricultural Machine ñ Related Deaths. **America Journal ou Public Health**, v 81, n.6, p. 767-768, 1991.

FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. **Ciência Rural**, v.38, n.9, 2008.

FIELD, B. **Safety with farm tractors.** Indiana: Cooperative Extension Service, Purdue University, 2000. 10 p. (Bulletin S-56).

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FREEMAN S.A. Potential impact of a ROPS retrofit policy in Central Iowa. **J Agr Saf Health**, v. 5, n. 1, p. 11-18, 1999.

GARVEY, P.M. Motorist comprehension of the SMV emblem. **Journal of Agricultural Safety and Health**. Série 2, v. 9, p. 159–169, 2003.

GASSEND, J. L.; BAKOVIC, M.; MAYER, D.; STRINOVIC, D.; SKAVIC, J.; PETROVECKI, V. Tractor driving and alcohol-A highly hazardous combination. **Forensic Science Internacional Supplement Series** 1, 76-79, 2009.

GOMES, R. J. **Análise Espacial dos Acidentes de Trânsito do município de Vitória utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. 2008. 168 f Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Transportes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2008.

GONÇALVES, A.C.A. et al. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho, **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 23,n. 5, p. 1149-1157, 2001.

GOVERNO ESTADUAL DE MINAS GERAIS. **Conheça Minas**. 2014. Disponível em: <<http://www.mg.gov.br/governomg/portal/m/governomg/5146-conheca-minas/5146/5044>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

HÉBRARD, O.; VOLTZ, M.; ANDRIEUX, P.; MOUSSA, R. Spatio-temporal distribution of soil surface moisture in a heterogeneously farmed Mediterranean catchment. **Journal of Hydrology**, v.329, p.110-121, 2006.

HINES, W. W.; MONTGOMERY, D. C.; GOLDSMAN, D. M. **Probabilidade e Estatística na Engenharia**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2006. 604p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa de unidades do relevo do Brasil** – Escala 1:5.000.000, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. ISSN 0103-6157 Censo Agropec., Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. TABELA 21 **Produto Interno Bruto Mesorregiões de Minas Gerais 2009**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=21&z=p&o=29&i=P>> Acesso em 21 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. TABELA 99 **Rendimento Médio da Produção da Lavoura Temporária de Minas Gerais 2009**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=99&z=t&o=11&i=P> Acesso em 29 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativas da População dos Municípios Brasileiros com Data de Referência em 1º de Julho de 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf> Acesso em: 25 out. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Unidades da Federação. 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mg>> Acesso em: 09 set. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>>. Acesso em: 13 fev. 2014.

JANICAK, C. A. Occupational fatalities to workers age 65 and older involving tractors in the crops production agriculture industry. **Journal of Safety Research**, v. 31, n. 3, p. 143-148, 2000.

KUMAR, A. et al. Studies on Tractor Related Injuries in Northern India. **Accidents Analysis and Prevention**.vol. 30.nº. I. 1998. p. 53-60.

LAUGHLIN, A. C. et al. The aging farmer: human factors research needs in agricultural work. **Human factors and ergonomics society**, n. 53, p. 1230-1234, 2009.

LOPES, J. E. L.; MONTEIRO, L. A.; SANTOS, M.A.M.; ALBIERO, D.; SOUSA, R.B.C.; MACIEL NETO, J. P. Barulho Calculado.**Cultivar Máquinas**. Ano XII. nº135. 2013. p. 30-32.

LORINGER, K. A.; MYERS, J. R. Tracking the prevalence of rollover protective structures on U.S. farm tractors: 1993, 2001, and 2004, **Journal of Safety Research** 2008 .p. 1-5.

LUGINBUHL R.C; JONES VC; LANGLEY, R.L. Farmers' perceptions and concerns: the risks of driving farm vehicles on rural roadways in North Carolina. *J Agric Saf Health* 9(4): 327-349. 2003.

MACEDO, D. X. S. **Caracterização dos acidentes envolvendo tratores agrícolas nas rodovias federais brasileiras**. 2014. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MANGADO J. et al. Development and validation of a computer program to design and calculate ROPS. **J AgrSaf Health**, v. 13, n. 1, p. 65-82. 2007.

MARIN, L.; QUEIROZ, M. S. **A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral**. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 16, n.1, p. 7-21, jan./mar. 2000.

MÁRQUEZ, L. Maquinaria agrícola y seguridadvial. **Boletim Salud y Trabajo**, Madrid, n.56, 6p. 1986.

MASSOCO, D. B. **Uso da metodologia árvore de causas na investigação de acidente rural**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MCCURDY, S.A.; CARROLL, D. J. Agricultural injury. **American Journal of Industrial Medicine** 38, p.463–480.2000.

MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EDUSP/USP, v. 2, 1980. 367 p.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4º Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTEIRO, L. A.; SILVA, P. R. A. **Operação com tratores agrícolas**. Botucatu, v. 1, 2009. 76 p.

MONTEIRO, L. A. **Acidentes com tratores agrícolas**. Artigo técnico, Cultivar Máquinas, 2010. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=942>> Acesso em: 14 abr. 2014.

MONTEIRO, L. A. **Prevenção de acidentes com tratores agrícolas e florestais**. Botucatu: Ed. Diagrama, v. 1, 2010. 106 p.

MONTEIRO, L. A. et. al. Estatística preocupante. **Cultivar Máquinas**, v. 117, p. 48-50, 2012.

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, 2013. 124 p.

MONTEIRO, L.A.; SANTOS, V.C. Acidentes com máquinas agrícolas. In: MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. Fortaleza, Ed. Imprensa Universitária, 2013, 122 p.

OLIVEIRA, M. P. G. **Sistema espacial de apoio à decisão: modelos para análise do adensamento de atividades econômicas no espaço urbano**. 1997 Dissertação (Mestrado) - Escola de Governo de Minas Gerais da Fundação João Pinheiro. 1997.

PICKETT, W.; CHIPMAN, M.L.; BRISON, R.J.; HOLNESS, D.L. Medications as risk factors for farm injury. **Accident Analysis and Prevention** 28 (4), p.453–462. 1996.

PINZKE, S. et. al. Tractor accidents in Swedish traffic. **Work** 41. DOI: 10.3233. 2012. 5317-5323.

PNT. **Política Nacional de Trânsito**. Brasília: Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN, 2004.

RAIA, A. A. J., **Acessibilidade e mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando redes neurais artificiais e informações geográficas**. 2000. 196f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

REIS, Â. V. **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes**. 2ª ed. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL. 2005. 307 p.

REIS, A. V.; MACHADO, A. L. **Acidentes com máquinas agrícolas**. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2009. 103 p.

RODRIGUES, V. L. G. S.; DA SILVA, J. G. Acidentes de trabalho e modernização da agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v.14, n.56, p.28-39, 1986.

SÁ JÚNIOR, A. **Aplicação da classificação de köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTOS, F. A.; FARIA, R. A.; TEIXEIRA, E. C. Fatores associados à mudança da composição agrícola em duas regiões de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 39, n. 2, 2001.

SANTOS, J. E. G.; SANTOS FILHO, A. G.; BÓRMIO, M. F. **Conforto térmico: uma avaliação em tratores agrícolas sem cabines.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11, 2004, BAURU, SP.

SANTOS, L. **Análise dos acidentes de trânsito do município de São Carlos utilizando Sistema de Informação Geográfica – SIG e ferramenta de estatística espacial.** 2006. 137 f Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2006.

SANTOS, M. A. M.; MONTEIRO, L. A.; LOPES, J. E. L.; ALBIERO, D.; SOUSA, R.B.C.; MACIEL, N. J. P.; SILVA, M. P. S. Esforço Medido. **Cultivar Máquinas**. Ano XII. n° 136. 2014. p. 14-16.

SCHLOSSER, J. F. **Tratores agrícolas.** Santa Maria: UFSM, Departamento de Engenharia Rural, (Série técnica, I). 2001. 63 p.

SCHLOSSER, J. F. Barulho sobre controle. **Cultivar Máquinas**, v. 13, p. 20-23, 2002.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H. **Acidentes com tratores agrícolas: caracterização e prevenção.** (Caderno Didático, 8). Santa Maria: UFSM, 2004. 86 p.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p.977 -981 2002.

SCHLOSSER, J. F. Esforços repetitivos. **Campo Aberto**, Rio Grande do Sul, n° 74, Abril 2010. Ano IX. ISSN 1676-0158.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário Florestal/** José Roberto Soares Scolforo, José Márcio de Mello. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. Norma Regulamentadora. NR 12: **Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.** São Paulo: Editora Atlas S.A, 73ª ed , p. 1024, 2014.

SILVA, J. R.; FURLANI NETO, V. L. Acidentes graves no trabalho rural: II – Caracterização. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 28, 1999, Pelotas, RS. **Anais....**Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. CD-ROM.

SILVA, A. B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: Conceitos e fundamentos.** Campinas, SP: UNICAMP, 2003.

SILVA, I. A; SOUZA, F. A. O uso de geotecnologias na identificação espacial dos acidentes de trânsito nas rodovias estaduais da Bahia. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia: Sistemas de Informações Geográficas.** Gramado – RS – Brasil. **Anais..**2014, v. 1, p. 1-11. Disponível em <http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/6/394/CT06-51_1403905114.pdf>. Acesso: 10 dez. 2014.

SOUZA, Z. M.; MARTINS FILHO, M. V.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de fatores de erosão em Latossolo Vermelho eutroférrico sob cultivo de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.105-114, 2005.

SOUZA, G. A. Georreferenciamento de Acidentes de Trânsito: Uma discussão metodológica. **ACTA Geográfica**, Edição Especial Cidades na Amazônia Brasileira, 2011. Disponível em <<http://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/554/563>>. Acesso: 18 nov. 2014.

UNESP. **Prevenção e controle de riscos em máquinas**. Bauru: Faculdade de Engenharia e Tecnologia, 1994. 165p. Apostila.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; SCHAEFER, C. E. G. R. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-53.

VILAGRA, J. M.; GENZ, J. S. **Dor e desconforto na operação de trator agrícola**. **FIEP Bulletin**: Federation Internationale D' Education Physique. V. 79. Special Edition. Article – II, p. 149, 2009.

VILELA, R. A. G. **Acidentes do trabalho com máquinas**: identificação de riscos e prevenção. São Paulo: Central Única dos Trabalhadores; 2000. 36 p.

YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e classificação de reservas minerais**. São Paulo: Edusp, 2001. 226p.

ZAIDAN, R. T. (org.). **Geoprocessamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011, p. 35-68.

ZHU, Y.; SHAO, M. Variability and pattern of surface moisture on a small-scale hillslope in Liudaogou catchment on the northern Loess Plateau of China. **Geoderma**, v.147, p.185-191, 2008.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. Tese (Livre-Docência)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

ZÓCCHIO, A. **Prática da prevenção de acidentes**: ABC da segurança do trabalho. 2. ed. São Paulo : Atlas, 1971. 173p.