



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

**ISABELA OLIVEIRA LIMA**

**ESPACIALIZAÇÃO DOS ACIDENTES COM TRATORES NAS REGIÕES**  
**BRASILEIRAS**

**FORTALEZA**

**2016**

**ISABELA OLIVEIRA LIMA**

**ESPACIALIZAÇÃO DOS ACIDENTES COM TRATORES NAS REGIÕES  
BRASILEIRAS**

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**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L698e Lima, Isabela Oliveira.  
Espacialização dos acidentes com tratores nas regiões brasileiras / Isabela Oliveira Lima. – 2016.  
75 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

1. Tratores agrícolas. 2. Prevenção de acidentes. 3. Geoestatística. I. Título.

CDD 630

---

ISABELA OLIVEIRA LIMA

ESPACIALIZAÇÃO DOS ACIDENTES COM TRATORES NAS REGIÕES BRASILEIRAS

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: 29 / 08 / 2016.

BANCA EXAMINADORA



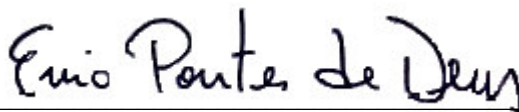
---

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



---

Prof. Dr. Daniel Albiero  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



---

Prof. Dr. Enio Pontes de Deus  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico:

A Deus, a minha família, meus pais Vicente e Maria José, as minhas irmãs Allyni e Ana Cristina, e ao meu noivo Jáder.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela força na caminhada e por colocar pessoas maravilhosamente solícitas e amigas nos momentos mais difíceis.

À Capes, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), pelo apoio intelectual a nós estudantes, e abertura total ao departamento de Engenharia Agrícola.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, agradeço pela disponibilidade, orientação e confiança a qual tive por mim durante esses dois anos. Seu exemplo como profissional me ensinou e me incentivou a buscar sempre mais e confiar mais em mim, muito obrigada por tudo, deixo aqui registrado todo meu respeito e admiração pelo excelente professor que o senhor demonstrou ser para mim.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Daniel Albiero e Prof. Dr. Enio Pontes de Deus, pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões no meu trabalho.

Ao meu pai Vicente Ferreira Lima, minha mãe Maria José de Oliveira Lima, as minhas irmãs Ana Cristina e Allyni, as minhas sobrinhas Bárbara e Bruna, ao meu cunhado Paulo, e a toda minha família, pelo carinho, apoio, cuidado e confiança dedicados a mim em todos os momentos dessa caminhada.

Ao meu noivo Jáder Canuto, pelo companheirismo, amor e apoio incondicional nos momentos em que mais precisei, me acalmando e me incentivando a superar minhas limitações e medos a cada novo passo, muito obrigada meu amor!!!

Aos meus amigos do Departamento de Engenharia Agrícola, com os quais compartilhei minhas alegrias, choro, dúvidas e receios: Edcarla, Karla, Nivanda, Renata, Elivânia, Marcelo, Odílio, Erialdo, Paulo, Mara, Evanaldo, Deril, Viviane e Rafinha, que se disponibilizaram a me ajudar em tudo que eu precisasse, tirando minhas dúvidas me mostrando o melhor caminho a seguir.

Aos meus amigos da graduação em Agronomia, que fazem parte do grupo LIMA e NIMPA: Jean, Gabriela e Yves, e a agregada a turma Michele e a minha amiga Márcia, que também se disponibilizaram a me ajudar como pudessem, me proporcionando também momentos de descontração e alegria.

Enfim, agradeço a todos da minha comunidade Lírio da Trindade que de uma forma especial torceram pelo meu crescimento e amadurecimento profissional e humano, me colocando sempre em suas orações. Muito obrigada a todos, amo vocês!

O insucesso é apenas uma oportunidade para  
recomeçar de novo com mais inteligência

-Henry Ford-



## RESUMO

LIMA, Isabela Oliveira, Universidade Federal do Ceará. Agosto de 2016. **Espacialização dos acidentes com tratores nas regiões brasileiras.** Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Conselheiros: Prof. Dr. Daniel Albiero; Prof. Dr. Enio Pontes de Deus.

A atividade agrícola é uma das mais antigas de que se tem conhecimento, caracterizando-se pelas suas múltiplas tarefas. Mesmo com a evolução tecnológica é um dos setores que mais oferece riscos à segurança e a saúde do trabalhador. Os tratores surgiram para realizar atividades agrícolas, substituindo atividades realizadas de forma manual ou com auxílio da tração animal. Com a mecanização agrícola, foi possível cultivar áreas de extensões cada vez maiores, o que aumentou consideravelmente a capacidade de produção do setor. Contudo, aos primeiros tratores construídos, o foco era a capacidade de trabalho da máquina, não sendo dada a importância devida aos riscos oferecidos por essas máquinas a seus operadores. Com isso ocorreu à inserção de distintos tipos de acidentes de trabalho na agricultura, divididos em leves e graves. As lesões leves em tratores agrícolas são consideradas mais graves do que nos acidentes automobilísticos conhecidos. É importante ressaltar que as consequências desses acidentes atingem diferentes pontos na sociedade de forma direta e indireta. A identificação e localização dos acidentes com tratores agrícolas torna-se fundamental para a elaboração de estratégias de controle e de políticas públicas voltadas para a prevenção desses acidentes. Diante dessa realidade o presente trabalho teve como objetivo mapear os acidentes com tratores ocorridos no território brasileiro no período de janeiro de 2013 a maio de 2016 com o uso de técnicas de geoprocessamento na elaboração de mapas, identificando as regiões de maior concentração dos acidentes. O trabalho foi conduzido no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, a partir do Banco de Dados do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas – LIMA. Para a elaboração dos mapas foi utilizado a ferramenta de Sistema de Informação Georreferenciado – SIG denominado IDW (Inverse Distance Weighted), que permite identificar áreas de concentração de pontos por meio de mapas de interpolação do inverso da distância e o *software* ArcMap 9.3© com plano de informação espacial contendo a divisão de municípios, estados e regiões geográficas brasileiras. Essas ferramentas apresentaram resultados satisfatórios na avaliação de acidentes com tratores, sendo possível identificar que os acidentes com tratores no Brasil, concentraram-se principalmente na região Sul. O tipo dos acidentes de maior incidência foi Colisão, a causa foi a falta de atenção por parte do operador e o local foi a propriedade rural.

**Palavras-chave:** Tratores agrícolas. Prevenção de acidentes. Geoestatística.

## ABSTRACT

LIMA, Isabela Oliveira, Federal University of Ceará. August 2016. **Spatial distribution of accidents with tractors in the Brazilian regions.** Advisor: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, Directors: Prof. Dr. Daniel Albiero; Prof. Dr. Enio Pontes de Deus.

The agricultural activity is one of the oldest known, characterized by its multiple tasks. Even with the technological evolution is one of the sectors that most offers risks to the safety and health of the worker. The tractors arose to carry out agricultural activities, substituting activities carried out manually or with the aid of animal traction. With the agricultural mechanization, it was possible to cultivate areas of increasing size, which considerably increased the production capacity of the sector. However, in the first built tractors, the focus was the working capacity of the machine, not being given the importance due to the risks offered by these machines to their operators. This led to the insertion of different types of work accidents in agriculture, divided into mild and severe. Mild injuries on agricultural tractors are considered to be more severe than in known car accidents. It is important to emphasize that the consequences of these accidents reach different points in society directly and indirectly. The identification and location of accidents with agricultural tractors becomes fundamental for the elaboration of control strategies and public policies aimed at the prevention of these accidents. In view of this reality the present work had the objective of mapping the accidents with tractors occurred in the Brazilian territory from January 2013 to May 2016 with the use of geoprocessing techniques in the elaboration of maps, identifying the areas of highest concentration of accidents. The work was conducted at the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Ceará, through the Database of the Laboratory of Investigation of Accidents with Agricultural Machinery - LIMA. For the preparation of the maps was used to Georeferenced Information System tool - GIS denominated IDW (Inverse Distance Weighted), which identifies areas of concentration points by inverse interpolation maps the distance and ArcMap 9.3 © software with spatial information plan with the municipalities of division, States and geographical regions of Brazil. These tools presented satisfactory results in the evaluation of tractor accidents, being possible to identify that the accidents with tractors in Brazil, they concentrated mainly in southern Brazil. The type of accidents with the highest incidence was Collision, the cause was the lack of attention by the operator and the location was the country property.

**Keywords:** Agricultural tractors. Accident prevention. Geostatistics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Território Nacional subdividido.....	19
Figura 2 – Elementos constituintes do trator agrícola de quatro rodas .....	23
Figura 3 – Pontos extremos do Território Brasileiro.....	27
Figura 4 – Representação de um modelo vetorial e raster.....	31
Figura 5 – Parâmetros do Semivariograma .....	34
Figura 6 – Principais modelos de variogramas.....	35
Figura 7 – Site de pesquisa, notícia de acidentes e planilha alfanumérica.....	39
Figura 8 – Demonstração do programa ArcMap 9.3©.....	43
Figura 9 – Gráficos MMEP dos acidentes no Território Nacional.....	46
Figura 10 – Gráfico MMEP dos acidentes na região Sul .....	47
Figura 11 – Gráfico MMEP dos acidentes na região Sudeste .....	47
Figura 12 – Gráfico MMEP dos acidentes na região Centro-Oeste .....	48
Figura 13 – Gráfico MMEP dos acidentes na região Nordeste .....	48
Figura 14 – Gráfico MMEP dos acidentes na região Norte .....	49
Figura 15 – Semivariograma dos acidentes que ocorreram na região Norte.....	52
Figura 16 – Espacialização dos acidentes com tratores no Território Nacional.....	53
Figura 17 – Saturação dos acidentes com tratores no Território Nacional.....	54
Figura 18 – Espacialização dos acidentes com tratores na Região Sul .....	55
Figura 19 – Saturação dos acidentes com tratores na região Sul.....	55
Figura 20 – Espacialização dos acidentes com tratores na Região Sudeste .....	56
Figura 21 – Saturação dos acidentes com tratores na Região Sudeste .....	57
Figura 22 – Espacialização dos acidentes com tratores na Região Centro-Oeste .....	58
Figura 23 – Saturação dos acidentes com tratores na Região Centro-Oeste .....	59
Figura 24 – Espacialização dos acidentes com tratores na Região Nordeste .....	60
Figura 25 – Saturação dos acidentes com tratores na Região Nordeste .....	61
Figura 26 – Espacialização dos acidentes com tratores na Região Norte .....	62
Figura 27 – Saturação dos acidentes com tratores na Região Norte .....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Número de acidentes no Território Nacional .....	39
Quadro 2 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Sul .....	54
Quadro 3 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Sudeste .....	56
Quadro 4 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Centro Oeste.....	58
Quadro 5 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Nordeste .....	60
Quadro 6 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Norte.....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Análise de frequência dos tipos de acidentes com tratores no Território Nacional .....	64
Gráfico 2 –	Análise de frequência das causas dos acidentes com tratores no Território Nacional .....	65
Gráfico 3 –	Análise de frequência dos locais dos acidentes com tratores no Território Nacional .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação e descrição dos tipos de acidentes com tratores .....	28
Tabela 2 -	Classificação e descrição das causas dos acidentes com tratores .....	29
Tabela 3 -	Estatística descritiva básica dos acidentes no Território Nacional e Regiões Brasileiras .....	45
Tabela 4 -	Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas para os acidentes com tratores .....	51

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

EPC – Estrutura de Proteção ao Capotamento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

SIG – Sistema de Informações Geográficas

TDP – Tomada de Potência

IDW - Inverse Distance Weighted (Ponderação do Inverso da Distância)

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Regiões brasileiras.....	19
2.2 Trator agrícola.....	21
2.3 Risco da atividade.....	24
2.4 Caracterização da área de abrangência de estudo.....	26
2.5 Classificação dos acidentes.....	27
2.5.1 Tipos de Acidentes.....	27
2.5.2 Causas dos Acidentes.....	28
2.6 Sistemas de informações geográficas (SIG).....	29
2.7 Geoestatística.....	31
2.8 IDW.....	36
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3.1 Local de condução da pesquisa.....	38
3.2 Coleta e construção da base de dados.....	38
3.3 Planejamento Estatístico.....	40
3.4 Análise Geoestatística.....	41
3.5 Caracterização dos acidentes.....	42
3.6 Base cartográfica.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Avaliação estatística das variáveis dos acidentes (Estatística básica e MMEP).....	45
4.2 Geoestatística e Mapas de Interpolação (IDW).....	50
4.2.1 Território Nacional.....	53
4.2.2 Região Sul.....	54
4.2.3 Região Sudeste.....	56
4.2.4 Região Centro-Oeste.....	57
4.2.5 Região Nordeste.....	59
4.2.6 Região Norte.....	61
4.3 Levantamento dos acidentes no Território Nacional (Análises de frequências).....	61
CONCLUSÃO.....	69
REFERÊNCIAS.....	70



## 1 INTRODUÇÃO

A atividade agrícola permitiu ao homem uma maior autonomia em relação à produção de alimentos, antes obtidos apenas pela coleta de frutos, caça e pesca. O desenvolvimento de novas técnicas e máquinas fez com que o mesmo mudasse sua condição de nômade para sedentário, assim otimizando sua produção.

A agricultura se tornou uma das maiores bases da economia do país. Segundo levantamento da CONAB, a safra de 2014/2015, apesar da crise financeira mundial, houve um crescimento na ordem de 8,2% em relação à safra do ano anterior. Os agricultores colheram 209,5 milhões de toneladas, 5,9 milhões a mais que as 193,6 milhões de toneladas da safra 2013/2014 (CONAB, 2015).

O governo brasileiro investe atualmente em ações que visam à melhoria do setor agrícola, disponibilizando recursos para a obtenção de máquinas e equipamentos, programas de capacitação para o produtor, estimulando a produção e a especialização agrícola em determinadas áreas do país.

O agricultor busca a cada dia a melhoria de sua produção bem como abranger todos os mercados possíveis. Nessa perspectiva o trator agrícola surge como mola propulsora para a abrangência da atividade no setor.

O trator é uma máquina multifuncional, utilizada para os diversos tipos de atividades agrícolas, desde o preparo do solo, plantio até a colheita. Por serem máquinas de fácil dirigibilidade e de grande porte deve-se ter cautela em seu manuseio, pois o excesso de confiança no manejo da máquina pelo operador pode ocasionar acidentes, que por muitas vezes podem ser fatais.

Pesquisas realizadas atualmente apontam como causas de acidentes com tratores agrícolas: capotamentos, queda do trator, atropelamentos de pessoas, contato com o eixo cardan, colisões diversas, incêndios, entre outros, ocasionadas muitas vezes pela falta de atenção, engate inadequado de equipamento, irregularidade do terreno e embriaguez. Infelizmente esses tipos e causas dos acidentes, são cada vez mais recorrentes durante a operação com os tratores agrícolas.

Os registros de acidentes com tratores agrícolas são bem inferiores quando comparados com os acidentes automobilísticos, porém eles possuem em sua grande maioria uma maior periculosidade, onde suas vítimas tem sua vida ceifada ou ficam incapacitados para o trabalho.

As consequências destes acidentes afetam não só o operador de trator agrícola como também o sistema público. O trabalhador acidentado além de sofrer com danos a sua saúde física e mental pode ter sua capacidade de trabalho reduzida de forma temporária ou permanente, interferindo assim na situação econômica da família. O sistema público de saúde é diretamente afetado com os custos nos tratamentos as vítimas e a previdência social, com as indenizações e processos trabalhistas inferindo diretamente na economia do país, estado ou município.

A identificação e localização dos acidentes com tratores agrícolas é fundamental para a elaboração de estratégias de controle por meio de ações educativas e políticas públicas voltadas para a prevenção dos mesmos. Essa identificação aponta o foco de maior ocorrência e os tipos de acidentes com tratores agrícolas que mais se destacam no território nacional. Daí surge a hipótese de que existem regiões que, por suas características básicas, apresentam um quantitativo maior de acidentes com tratores.

Objetivou-se, então, neste trabalho realizar a espacialização, criando uma referência de espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas, e a caracterização desses acidentes em todo o território nacional, identificando as regiões do Brasil que apresentam maior número de acidentes quando comparadas entre si. Usando como referentes os indicadores: a região com o maior percentual de acidentes, tipos e causas dos acidentes e o local de maior incidência desses acidentes, utilizando ferramentas de geoestatística.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Regiões brasileiras

O Brasil está situado no continente americano, fazendo fronteira com vários países da América do Sul e banhado a leste pelo Oceano Atlântico. É cortado pelas linhas do Equador e pelo Trópico de Capricórnio. A maior parte de seu território fica na zona climática tropical. (IBGE, 2016).

O Território Nacional é subdividido em 5 grandes regiões: Região Norte, Região Nordeste, Região Centro-Oeste, Região Sul e Região Sudeste. Cada uma com sua peculiaridade climática, de relevo e densidade demográfica (IBGE, 2016).

Figura 1 – Território Nacional subdividido



Fonte: Aprendda (2016)

Com terras férteis, extensas e clima propício para a agricultura, o Brasil é um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos. A agricultura brasileira enfrenta

atualmente desafios, como o atendimento à crescente demanda por alimentos e produtos agropecuários, em quantidade e qualidade (MAPA, 2016).

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira apresentou substancial crescimento de seu produto (FELIPE *et al.*, 2009). Este quadro ocorreu devido ao melhor aproveitamento dos fatores de produção, destacando-se a utilização mais eficiente de fertilizantes e o maior uso de mecanização no setor.

No início de 2010, um em quatro produtos do agronegócio em circulação no mundo era brasileiro. A projeção do Ministério da Agricultura é que até 2030, um terço dos produtos comercializados sejam do Brasil, em função da crescente demanda dos países asiáticos. (MAPA,2016)

Tendo em vista a necessidade de elevar a produção e a produtividade agrícola no Brasil, bem como a redução dos déficits com comércio exterior, houve o crescimento e o desenvolvimento da indústria de tratores agrícolas (FELIPE *et al.*, 2009).

Segundo a CONAB (2015) a política agrícola do país oferece as bases para a criação de um ambiente propício aos investimentos na modernização e crescimento da produção. Uma delas é o crédito rural, para plantar, comercializar e investir em máquinas, equipamentos e tecnologia.

Com vistas nessas perspectivas temos atuante, por exemplo, no Estado do Ceará o Projeto São José II, que apoia a produção através de financiamentos de maquinários agrícolas para desenvolvimento da agricultura familiar (TOLEDO *et al.*, 2008), e o Programa Mais Alimentos, criado em 2008, é uma linha de crédito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) que financia a modernização das propriedades familiares (MDA, 2016).

Nessas perspectivas no Brasil, de acordo com os dados do IBGE (2006), a atividade agrícola representa 84% dos estabelecimentos agropecuários do País e ocupa diretamente mais de 12 milhões de pessoas (74% da mão de obra no campo). A mesma fonte salienta que apesar de os agricultores familiares ocuparem apenas 24% da área agrícola do País, respondem por cerca de 33% do valor total da produção no campo de acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006.

É por conta dessa perspectiva de crescimento tecnológico acelerado, para se ter uma maior oferta de produtos que necessita-se de uma capacitação do homem do campo, para um melhor aproveitamento dessas tecnologias. O conceito de modernização não pode se restringir aos

equipamentos usados e sim, deve levar em conta todo o processo de modificações ocorrido nas relações sociais de produção. (TEIXEIRA, 2005).

## 2.2 Trator agrícola

O surgimento das máquinas e implementos para a agricultura no século XIX possibilitou ganhos de produtividade agrícola e do trabalho, mudando definitivamente a trajetória das técnicas de produção e elevando a oferta de produtos agrícolas no mundo. Por outro lado, este processo reduziu a necessidade de envolvimento de mão de obra na produção agrícola (VIAN *et al.*, 2014).

O trator agrícola tornou-se a principal fonte de potência na agricultura, utilizado em conjunto com diversos equipamentos na realização de várias tarefas, desde o preparo de solo, semeadura e transporte (FURLANI; DA SILVA, 2016). Segundo Barger *et. al.* (1966) trator agrícola pode ser definido como um veículo complexo, empregado para impelir ou fornecer força estacionária para uma larga variedade de implementos agrícolas. Mialhe (1980) define trator agrícola como: “uma máquina autopropelida provida de meios que, além de lhe conferirem apoio estável sobre uma superfície horizontal e impenetrável, capacitam-no a tracionar, transportar e fornecer potência mecânica, para movimentar os órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas.

A intensificação do uso de máquinas no campo foi um dos principais fatores que ajudaram a impulsionar a produção agrícola brasileira nos últimos anos, permitindo o cultivo em larga escala, viabilizando a produção de mais de uma safra por ano, em algumas regiões, e suprimindo a redução de trabalhadores rurais no país (CELERES, 2014). Estas máquinas estão sendo utilizadas de forma cada vez mais intensiva, otimizando as operações, aumentando a capacidade operacional, reduzindo a mão-de-obra e viabilizando processos (VIAN; ANDRADE JÚNIOR, 2010).

No Brasil são utilizados diversos modelos de tratores agrícolas desde os microtratores muito comuns na agricultura familiar até os tratores de maior potência encontrados em grandes lavouras. Segundo Debiasi (2002) a evolução dos tratores teve como base a necessidade do aumento da capacidade de trabalho e produção no campo, uma vez que ocorre a crescente escassez de mão-de-obra rural devido à migração das populações rurais para as zonas urbanas e a

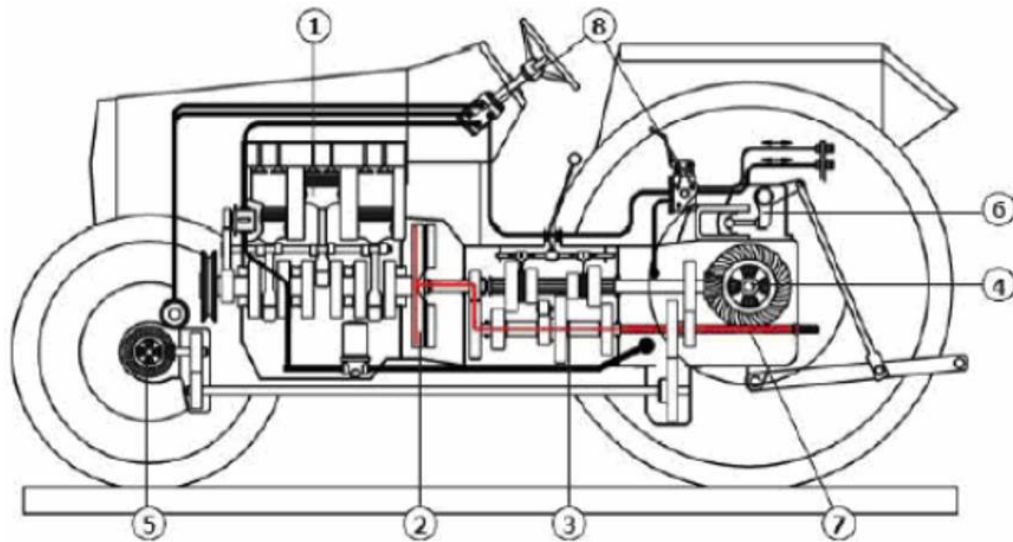
necessidade constante de aumento no volume de alimentos produzidos para consumo humano e animal, devido ao processo de desenvolvimento econômico pelo qual tem passado o planeta.

Para Schlosser (2010) é importante para o produtor rural modernizar a frota de máquinas visto que isto aumenta a capacidade de trabalho e diminui os períodos de parada para a manutenção corretiva, reparos e regulagens. Além disso, aumenta o conforto e a segurança pessoal no trabalho, e a eficiência (rendimento) das máquinas com a consequente diminuição do custo operacional. Dentre as tecnologias que favorecem o cumprimento desta tarefa, está a mecanização agrícola que constitui um instrumento fundamental para a utilização intensiva da terra, aumentando o rendimento das culturas e da produção pecuária (SPAGNOLO, 2010).

Os tratores são classificados geralmente em dois critérios: o tipo de rodado e o tipo de chassi. No tipo de rodado observamos as características em relação à tração, estabilidade e rendimento operacional, classificando assim a máquina em: duas rodas, triciclos, quatro rodas, semi-esteira e esteira. Sendo que os tratores do tipo quatro rodas constituem o tipo predominante para o uso agrícola. O tipo de chassi confere características com relação ao Peso x Potência, distribuição dos esforços e localização do centro de gravidade. Podendo, segundo este critério, ser classificado em: trator industrial, trator florestal e trator agrícola. Segundo seu chassi pode ser de 2,3 e 4 rodas (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

A constituição de um trator de quatro rodas, geralmente utilizado no mercado brasileiro (Figura 2) é basicamente em chassi ou monobloco, sistema de transmissão (embreagem, caixa de câmbio e transmissão final), motor, sistema de direção, órgão de acoplamento e transferência de energia (barra de tração, engate de três pontos e TDP), rodados, sistema elétrico e comandos (FURLANI; DA SILVA, 2006).

Figura 2 - Elementos constituintes do trator agrícola de quatro rodas



1. Motor, 2. Embreagem, 3. Caixa de câmbio, 4. Eixo traseiro, 5. Eixo dianteiro: 4x2 ou 4x4, 6. Levante hidráulico, 7. Tomada de potência (TDP), 8. Sistemas hidráulicos auxiliares.

**Fonte:** Mialhe (1980).

As principais contribuições esperadas na utilização do trator agrícola, são as mudanças nas características do trabalho no campo, tornando-o menos árduo, mais atrativo e mais produtivo através da melhoria da qualidade das operações agrícolas (VILAGRA, 2009).

A crescente demanda por mecanização e equipamentos que utilizam tecnologias cada vez mais avançadas, assim como o aumento da concentração do mercado nas mãos de algumas empresas são elementos importantes a serem estudados para o entendimento das tendências do setor (VIAN; ANDRADE JÚNIOR, 2010).

Em contrapartida, a partir do momento em que a agricultura evoluiu rapidamente com a introdução do trator agrícola como ferramenta de trabalho, tem sido percebido aumento considerável no índice de acidentes de trabalho no meio rural, com consequências mais graves para operadores, ajudantes e terceiros (FERNANDES *et al.*, 2014).

A agricultura familiar no Brasil, hoje, produz a maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos Brasileiros. Segundo levantamentos feitos, cerca de 70 por cento % dos alimentos que chegam à mesa das famílias brasileiras são produzidas na pequena propriedade rural familiar (GABOARDI JUNIOR, 2013). Com vista nessa perspectiva, vê-se um acesso maior dessas máquinas por parte do pequeno agricultor, e com ele um risco para segurança que o mesmo oferece quando manejado sem a capacitação necessária.

### 2.3 Risco da atividade

A operação de tratores agrícolas é uma atividade que engloba basicamente dois fatores: o homem (operador) e a máquina (trator). Estes dois fatores interagem entre si formando o sistema homem – máquina (IIDA, 1990; GRANDJEAN, 1998). O sistema homem-máquina é a união das partes que forma um todo, unindo um ou mais elementos simultaneamente, interagindo o homem e a máquina para executarem uma tarefa (PINHEIRO; FRANÇA, 2006). A eficiência deste sistema depende de diversos fatores, que segundo Murrel (1965) destacam-se, no âmbito da operação de tratores agrícolas: as condições ambientais do posto de operação (temperatura, luz, umidade do ar), ruídos, vibrações, comandos e assento do operador.

Quando este sistema não é eficiente, o operador fica exposto a uma elevada carga física e mental, que resulta numa redução da eficiência do mesmo (produtividade e qualidade do trabalho), aumentando a ocorrência de erros, acidentes e o desenvolvimento de doenças ocupacionais (WITNEY, 1988; MÁRQUEZ, 1990; LILJEDAHN *et al.*, 1996; YADAV; TEWARI, 1998).

Segundo o Regulamento do Benefícios da Previdência Social, no artigo 131, do Decreto nº 2.172, de 5 de março de 1997, define acidente de trabalho como sendo o evento que acontece de maneira não programada, fortuita ou casual que modifica a rotina de trabalho, podendo resultar em perda de tempo, danos materiais de toda espécie, mutilações, perdas diversas e, principalmente da vida, independente da verificação de lesões no trabalhador (BRASIL, 2016).

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). Segundo Márquez (1986) mais de 60% das mortes ocorridas em acidentes de trabalho no setor agrário são consequência da mecanização agrícola. O mesmo autor ressalta que a caracterização dos acidentes agrícola é de grande importância, porque diferentes tipos de acidentes (capotamento, quedas a distinto nível, atropelamentos, entre outros) possuem causas e consequências específicas.

Schlosser *et al.* (2002) argumentam ainda que os prejuízos econômicos e sociais advindos dos acidentes com tratores agrícolas também são bastante elevados. Estes ocorrem tanto em termos de danos físicos ao operador como em termos financeiros, para o Estado, sociedade em geral e para o próprio acidentado.



De acordo com Zócchio (1971), Alonço (1999) e Cardella (1999) são dois os grandes grupos de causas de acidentes de trabalho: atitudes inseguras e condições inseguras. O primeiro grupo está ligado diretamente às falhas humanas e o segundo engloba as limitações inerentes à máquina.

Segundo Rozin (2004) a maioria dos tratores utilizados no País apresentam problemas de conforto e segurança para os operadores, permitindo que estes fiquem expostos a níveis de insalubridade e riscos de acidentes acima do permitido pelas normas de segurança no trabalho.

No Brasil, segundo a ABNT (1999), todas as máquinas devem ser equipadas com degraus e barras de apoio de mãos projetadas adequadamente, de forma a proporcionar ao operador o acesso e a saída do posto de operação de maneira correta e segura. Os degraus devem ser desenhados e posicionados de forma a não serem atingidos e danificados durante a operação complementado por alguns requisitos a serem observados com relação a este posto (IIDA, 2003). Em alguns casos observamos a tendência do operador descer do trator pulando até o solo, este fato de acordo com Brito (2007), pode resultar em danos aos quadris, joelhos ou pés.

De acordo com as pesquisas realizadas por Debiasi (2002), Iida (2003), Lima *et al.*, (2005), Brito (2007) e Monteiro *et al.* (2010), que quanto mais antigos os tratores agrícolas analisados menor a incidência de dispositivos de acesso ao posto de comando, entre eles, os apoios de mão.

Alguns tratores mais antigos não possuem estrutura de proteção ao capotamento (EPC), e outros possuem apenas uma proteção que apenas protege dos raios solares e que deforma no caso de acidente, esta estrutura, segundo Corrêa; Yamashita (2003) podem diminuir a gravidade do acidente, mas o índice de proteção deste tipo de estrutura é baixo tornando-se, ao contrário, mais nociva à saúde. De acordo com Schlosser *et al.* (2004) a eficiência está ligada à presença e utilização do cinto de segurança, ou seja, apenas a presença da EPC não garante a segurança necessária ao operador, uma vez que, este pode ser lançado para fora do trator e ser esmagado no momento da capotagem.

Madeira (2011) destaca ainda que os acidentes de trabalho onde os tratores agrícolas estão presentes constituem-se de um problema no qual a gravidade pode ser expressa em função de sua frequência e dos grandes prejuízos a que produz.

Segundo Meireles (2000) existe uma falta de política e ações eficazes relacionadas ao treinamento e capacitação de operadores deste tipo de veículo, ele alerta ainda para o fato do grande

número de menores operando tais veículos, em geral filhos de produtores, ou ainda em atividades de semeadura, adubação etc., trabalhando em implementos a eles acoplados, sendo inúmeros os dados relatados de acidentes gravíssimos de quedas desses, entre o trator e o implemento, inclusive quando de sua utilização como contra peso.

Monteiro *et al.* (2010) ressaltam que o antigo conceito de tratorista, aquele operário que apenas “dirigia” o trator, está totalmente ultrapassado. Alguns anos atrás essa filosofia foi substituída pelo operador de máquinas, atribuindo a esse profissional não somente a função de movimentar o trator, mas também fazê-lo de forma correta, consciente e segura.

De acordo com Fernandes *et al.* (2014) a variedade de acidentes no meio rural envolvendo tratores agrícolas é bastante ampla, com consequências cada vez mais graves. Consequentemente, os diversos tipos/riscos de acidentes demandam práticas específicas para redução de sua ocorrência e gravidade (AMBROSI; MAGGI, 2013).

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) calcula prejuízos próximos a 4% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial com custos referentes a lesões, mortes e doenças relacionadas ao trabalho. Este é o prejuízo para países que não investem na prevenção, sendo que para eles isso seja um custo (MASSOCO, 2008).

## **2.4 Caracterização da área de abrangência do estudo**

Segundo o IBGE (2016) o Brasil é um dos maiores países do mundo. Em extensão territorial, só perde para a Rússia, Canadá, China e Estados Unidos.

O território Nacional Brasileiro é dividido em regiões de acordo com suas peculiaridades próprias. As características físicas ou naturais, do relevo, do clima, da vegetação, da hidrografia, as atividades econômicas, são pontos importantes para essa divisão, visto a grande miscigenação aqui existente. Considerando que o território brasileiro possui dimensões continentais, com 8.515.733.052 km<sup>2</sup>, o IBGE (2016), dividiu o país em cinco grandes regiões: Região Norte, Região Nordeste, Região Centro-Oeste, Região Sudeste e Região Sul.

Nosso país está situado no continente americano, fazendo fronteira com vários países da América do Sul e banhado a leste pelo Oceano Atlântico. É cortado pelas linhas do Equador e pelo Trópico de Capricórnio. A maior parte de seu território fica na zona climática tropical.

Seus pontos extremos são: ao Norte – o rio Ailã, em Roraima; ao Sul – o arroio, que é um rio bem pequeno, ou uma pequena corrente de água. Chuí, no Rio Grande do Sul; a Leste – a Ponta do Seixas, na Paraíba; e a Oeste – o rio Moa, no Acre, conforme exemplificado na Figura 3:

Figura 3 - Pontos extremos do território brasileiro



Fonte: IBGE(2016)

## 2.5 Classificação dos acidentes

Foram selecionados dois indicadores de acidentes: os Tipos de acidente e as suas Causas. Os mesmos foram submetidos à análise de frequência absoluta e relativa posteriormente. O levantamento dos dados abrangeu uma população total de 890 acidentes com tratores agrícolas ocorridos em todo o território nacional no período de janeiro 2013 a maio de 2016.

### 2.5.1 Tipos dos acidentes

Foram verificados 11 diferentes tipos de acidentes, onde os mesmos são apresentados e descritos (Tabela 1) tomando como base informações da Polícia Rodoviária de São Paulo (2013).

Tabela 1 - Classificação e descrição dos tipos de acidentes com tratores

<b>TIPO DE ACIDENTE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Atropelamento	Acidente envolvendo veículos em movimento causando lesões em pessoas ou animais.
Capotamento	Quando após o acidente o veículo gira em torno de si mesmo em qualquer sentido, de forma que ele em algum momento irá tocar o teto no solo ficando imobilizado
Colisão com objeto fixo	Acidente onde o veículo colide com obstáculos fixos como postes, árvores, muros, placas de sinalização, dentre outros.
Colisão com objeto móvel	Ocorre com o impacto do veículo com objetos móveis como outros veículos, porém que estejam estacionados ou parados.
Colisão frontal	Acidente envolvendo veículo e outro veículo em movimento de forma que ambos colidam de frente um com o outro.
Colisão lateral	Quando dois veículos transitam em direções diferentes ou na mesma direção e se tocam lateralmente.
Colisão traseira	Ocorre quando dois veículos estão trafegando no mesmo sentido e um colide na traseira do outro, com exceção se o da frente estiver dirigindo de marcha ré.
Danos eventuais	Tipo de acidente ao qual o policial rodoviário federal não encontra explicação.
Queda de veículos	Tipo de acidente em que pessoas que estejam no veículo, “carona”, caem e são atropeladas pelo mesmo.
Saída de pista	Ocorre quando por alguma razão específica o trator sai de sua trajetória normal saindo da pista.
Tombamento	Acidente em que o veículo tomba sobre uma de suas laterais, imobilizando-se com sua lateral de encontro ao solo.

**Fonte:** Adaptado de Macêdo (2013) com base em informações da Polícia Rodoviária de São Paulo (2013).

### 2.5.2 Causas dos acidentes

Foram verificados 6 diferentes causas de acidentes, como são apresentadas na

Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação e descrição das causas de acidentes com tratores

<b>TIPO DE ACIDENTE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Distância insegura entre veículos	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.
Defeito mecânico em veículo	Quando ocorre um defeito mecânico em algum dos veículos envolvidos no acidente que o impossibilite de trafegar.
Ingestão de álcool	Acidente ocorreu devido o operador ou o motorista estar sobre o efeito de bebida alcoólica.
Falta de atenção	Por motivos diferentes o motorista ou operador pode não estar com a atenção totalmente voltada para o trânsito ocorrendo acidentes na via.
Ultrapassagem incorreta	Ocorre quando um veículo que está atrás tenta ultrapassar um veículo a sua frente em locais da via onde é proibida a ultrapassagem.
Velocidade incompatível com a via	Essa causa de acidente ocorre geralmente pelo fato dos veículos, ou deles, estar acima da velocidade máxima permitida pela a via ou estarem abaixo de velocidade mínima permitida pela via.

**Fonte:** Adaptado de Macêdo (2013) com base em informações da Polícia Rodoviária de São Paulo (2013).

## 2.6 Sistemas de informações geográficas

O SIG é um sistema auxiliado por computador para adquirir, armazenar e analisar dados geográficos (SANTOS *et al.*, 2010). Os autores ainda ressaltam que muitos softwares estão disponíveis para ajudar nessa atividade.

O advento da informática e seu crescente avanço têm possibilitado e estimulado a evolução das chamadas geotecnologias, dos sistemas de informações geográficas (SIG's) e a evolução dos sistemas computacionais para estudos de análise ambiental (FRANCISCO *et al.*, 2015). Conforme Calijuri; Rohm (1993), estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

Os SIG's possuem duas características muito importantes como a possibilidade de utilização em áreas diversas e a capacidade de análise. Permitindo criar mapas temáticos, integrar

informações das mais diversas naturezas, visualizar múltiplos cenários, resolver problemas complexos, apresentar ideias e propor soluções (KIRSCHNER, 2012).

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 (SILVA; SOUZA, 2016). Segundo os autores o estudo dos acidentes de trânsito, através da distribuição espacial por meio de um SIG, contribui para minimizar o problema dos acidentes e representa uma importante etapa para análises detalhadas, pois fornece subsídios para tomada de decisão.

De acordo com Lang; Blaschke (2009) SIG's podem fornecer valiosas contribuições no apoio às tarefas e aos projetos de planejamento cada vez mais complexos. Com a ajuda de um SIG, podemos explicar e visualizar relações espaciais, representá-las e apresentá-las em formas de mapas. Os mesmos autores ainda ressaltam que podemos também desenvolver cenários espaciais e avaliar as intervenções.

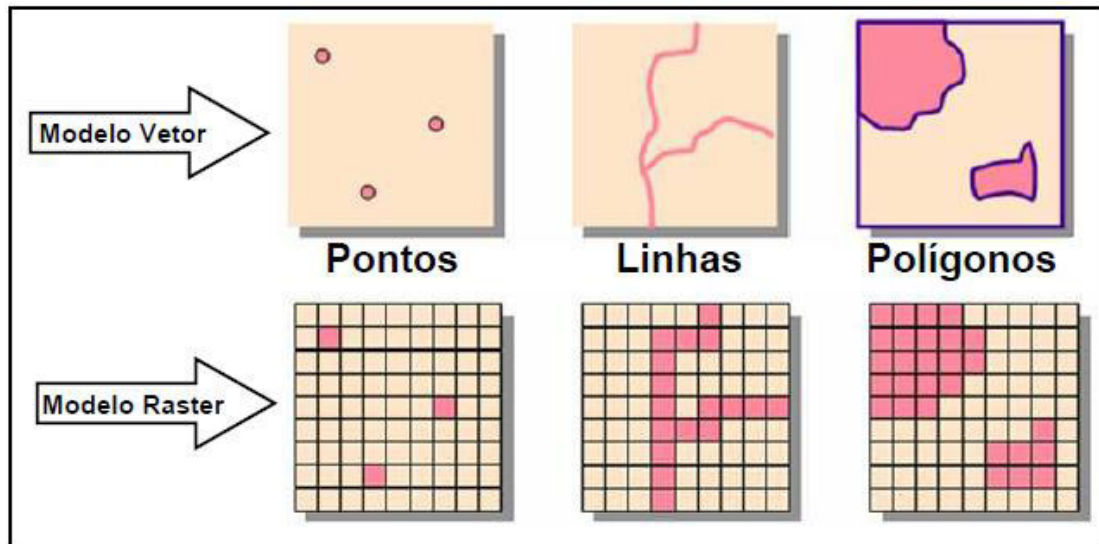
Santos *et al.* (2010) descrevem que a utilização de técnicas provenientes de um SIG constitui-se em uma ferramenta capaz de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões de uma forma simples e eficiente. Essas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes (imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de solo, etc) e diferentes escalas. Mendes (1997) salienta que o resultado destas manipulações, geralmente, é apresentado sob forma de mapas temáticos com as informações desejadas.

A base de dados de um SIG é uma coleção estruturada de dados digitais espaciais que tem como característica o fato de serem compostos por duas componentes distintas (ANTENUCCI *et al.* 1992; *apud* PINA, 2000), sendo elas Gráficas ou mapas e Não gráficas ou alfanuméricas (tabelas). As gráficas descrevem a localização, as feições geográficas e os relacionamentos espaciais entre as feições, e podem incluir coordenadas, códigos e símbolos que irão definir os elementos cartográficos específicos de um mapa. Já os Não-Gráficos descrevem os fatos e fenômenos, sociais e naturais, representados no mapa, representando as características, qualidades ou relacionamentos de feições na representação cartográfica.

Segundo Star; Estes (1990) o critério usado para converter variações geográficas reais em objetos descritos é chamado de modelo de dados, que dependendo do seu formato e da necessidade do usuário podem ser do tipo raster ou vetor. Santos *et al.* (2010) complementa que os do tipo raster, são caracterizados por dividir a área em quadrículas de grades regulares de células na sequência específica na forma horizontal. E os do tipo vetor são os segmentos de linhas e pontos

para identificar a localidade, onde nesse modelo os objetos (divisas de estradas, cidades, etc.) são formados por meio da conexão de segmentos e linhas. Uma representação vetorial pode ser representada por três elementos gráficos: pontos, linha (ou Arcos) e polígonos (ou Área).

Figura 4 - Representação de um modelo vetorial e raster



Fonte: Santos *et al.*, 2010.

## 2.7 Geoestatística

Os métodos geoestatísticos, ou simplesmente geoestatística, foram desenvolvidos graças aos estudos do engenheiro de minas Georges Matheron, na França, no final da década de 50 e início da década de 60. Estes métodos estão fundamentados na Teoria das Variáveis Regionalizadas, que foi formalizada por Matheron, a partir de estudos práticos desenvolvidos por Daniel G. Krige no cálculo de reservas nas minas de ouro do Rand na África do Sul (GENÚ, 2004).

De acordo com Jakob (2002) os métodos “convencionais” de análise de dados georreferenciados utilizam dados no formato vetorial, se valendo de pontos, linhas e polígonos para tentar representar as características físicas/geográficas da área de estudos. E quando se utilizam softwares em seu módulo básico, para se analisar dados tabulares, toda a unidade de análise assume o mesmo valor.

Segundo Camargo *et al.* (2002) a geoestatística utiliza dois tipos de procedimentos de interpolação, Krigagem e Simulação Estocástica. Já Marcuzzo *et al.* (2010) descrevem que nos dias

atuais existem diversos métodos de interpolação de dados geoespaciais como o IDW (Ponderação do Inverso da Distância), Krigagem, Topo to Raster, Spline etc.

A Krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados (Jakob, 2002), pois ela é um método geoestatístico que se baseia na Teoria das Variáveis Regionalizadas, o que supõe que a variação espacial de um determinado fenômeno é estatisticamente homogêneo em uma determinada área. De acordo com Lopes (2015) 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.

Lucas *et al.* (2012) ressaltam que o interpolador IDW é mais indicado por produzir através de SIG, mapas contínuos onde se observa as isolinhas e a dinâmica da distribuição dos dados, pois ele é um método computacionalmente rápido, já que a definição dos pesos para a ponderação linear é feito de uma maneira simplista.

Segundo Moura (2012) o IDW é indicado quando o interesse é a área de influência dos valores e pontos, resultando em um valor em cada ponto do território.

Enquanto a estatística clássica pressupõe não haver relação entre a variação e a distância entre pontos de amostragem, isto é, as variações são aleatórias no espaço, a geoestatística considera dependência de variação com o espaço de amostragem e que, em parte, essas variações são sistemáticas. (SEBEM, 2016)

É impossível saber, antes de amostrar, de que maneira os valores das variáveis irão se comportar: se dependente ou independente uma da outra. A técnica de Krigagem assume que os dados recolhidos, de uma determinada população se encontram correlacionados no espaço. Porém, há necessidade de medir e quantificar essa dependência espacial e com isso surge o semivariograma, que mede a dependência espacial entre as amostras (LEAL, 2013).

Devido às limitações da estatística clássica e pelo fato de que muitas variáveis serem heterogêneas (os atributos variam no espaço e no tempo), torna-se necessária a utilização de procedimentos estatísticos adicionais, que considerem e reflitam essas variações (SEBEM, 2016).

O georreferenciamento é uma transformação geométrica que relaciona coordenadas da imagem (linha e coluna) com coordenadas X e Y conhecidas (ex: coordenadas UTM ou geográficas) de um mapa ou pontos coletados (SANTOS *et al.*, 2010). Segundo os autores, para a realização do registro são necessários: escolher os pontos de controle, Definir a equação de mapeamento e definir o processo de interpolação. Os mesmos autores ressaltam que a equação do



mapeamento escolhida irá comparar as coordenadas da imagem de origem com os novos pontos de controle (novas coordenadas X e Y) realizando a transformação para o novo sistema de coordenadas.

Para a obtenção de uma grade regular de pontos, faz-se uso de interpoladores que estimam os pontos em locais não amostrados. Sebem (2016) ressalta que quando os dados são abundantes, os métodos de interpolação em geral produzem valores semelhantes. Os métodos tradicionais de interpolação espacial como triangulação e método do inverso do quadrado da distância, no caso de dados esparsos, possuem limitações na representação da variabilidade espacial, porque desconsideram a anisotropia e a continuidade do fenômeno que se quer observar.

Sebem (2016) ainda diz que se a distribuição espacial das amostras for considerada, será possível tirar vantagem da variabilidade espacial. Portanto a estatística clássica e a geoestatística, ou estatística espacial, se complementam. Uma não exclui a outra, e perguntas não respondidas por uma, muitas vezes podem ser respondidas pela outra.

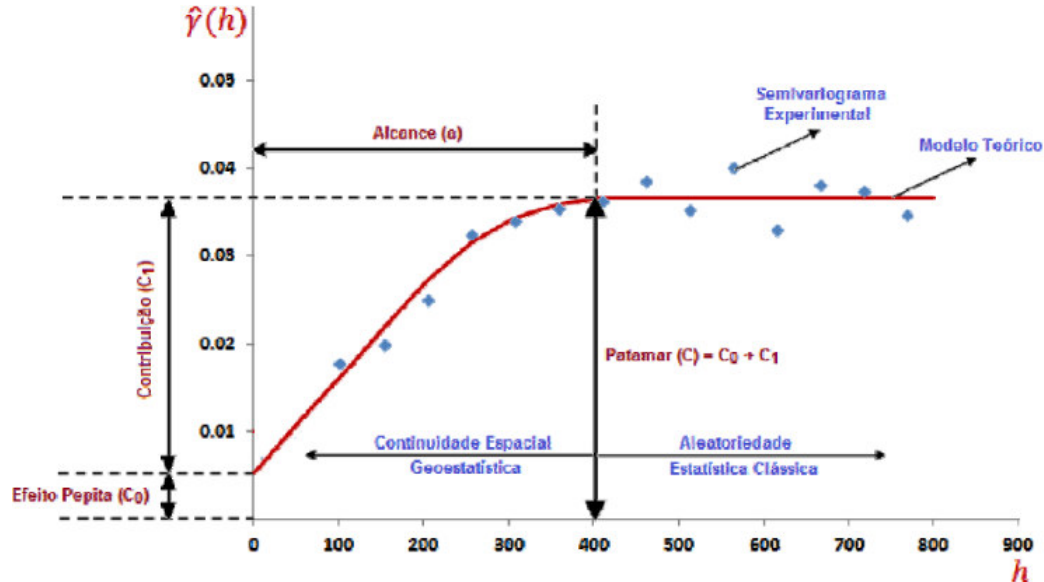
Quando os dados são abundantes, os métodos de interpolação, em geral produzem valores semelhantes. Os métodos tradicionais de interpolação espacial como triangulação e método do inverso do quadrado da distância, no caso de dados esparsos, possuem limitações na representação da variabilidade espacial, porque desconsideram a anisotropia e a continuidade do fenômeno que se quer observar (SEBEM, 2016).

O variograma e o semivariograma são uma função intrínseca que reflete a estrutura de um fenômeno estudado e mede as relações estatísticas pelas covariâncias que existem entre amostras espaçadas, de sucessivos valores de  $h$  (distância entre amostras). É uma função que aumenta à medida que aumenta o valor de  $h$  até tornar-se constante (LEAL, 2013).

O semivariograma constitui-se no gráfico das semivariâncias das diferenças dos valores experimentais situados a intervalos regulares. Em condições estacionárias, o valor médio esperado é constante ou zero, o que reduz o semivariograma à média quadrática das diferenças dos valores experimentais (CLARK, 1979).

Sturaro (2015) relata que após a confecção dos semivariogramas dos valores experimentais, procura-se ajustar um modelo matemático que represente o mais próximo possível a configuração dos mesmos.

Figura 5 -Parâmetros do Semivariograma



Fonte: Sebem, 2016.

Isaaks; Srivastava (1989) utilizam as seguintes definições para os parâmetros:

- Alcance ( $a$ ): distância, dentro da qual, as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente;
- Patamar ( $C$ ): é o valor do variograma correspondente a seu alcance ( $a$ ). Desse ponto em diante, considera-se que não existe mais dependência espacial entre as amostras, porque a variância da diferença entre pares de amostras torna-se invariante com a distância;
- Efeito Pepita ( $C_0$ ): idealmente igual a zero. Entretanto, na prática, à medida que  $h$  tende a 0 (zero),  $\gamma(h)$  se aproxima de um valor positivo, ( $C_0$ ), que revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores do que a menor distância entre as amostras;
- Contribuição ( $C_1$ ): é a diferença entre o patamar ( $C$ ) e o efeito pepita ( $C_0$ ).

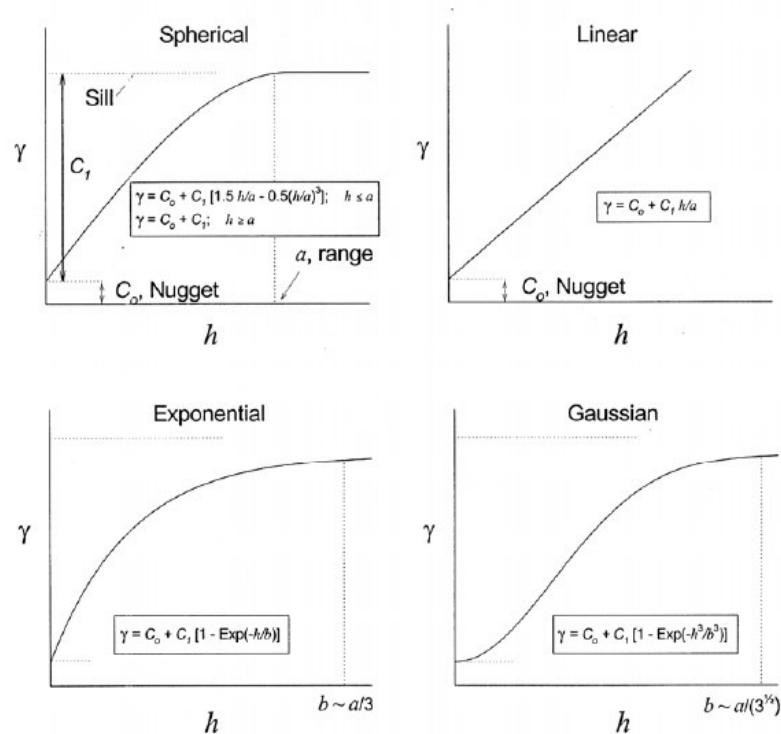
Os modelos de semivariograma são considerados modelos básicos, denominados de modelos isotrópicos por Isaaks; Srivastava (1989) e podem ser agrupados em duas grandes categorias: (a) os que alcançam um patamar, ou modelos de transição e (b) os que não alcançam um patamar, onde eles continuam aumentando enquanto a distância aumenta.

Sebem(2016), ressalta que os modelos de semivariogramas mais utilizados são:

- Modelo esférico (Sph): O modelo esférico é um dos modelos mais utilizados para dados ambientais (95% dos casos);
- Modelo exponencial (Exp): Esse modelo atinge o patamar assintoticamente, com alcance prático definido como a distância na qual o valor do modelo é 95% do patamar;

- Modelo gaussiano (Gau): É um modelo transitivo, muitas vezes, usada para modelar fenômenos extremamente contínuos. O que caracteriza esse modelo é seu comportamento parabólico próximo à origem;
- Modelo linear: Neste modelo o patamar é determinado por inspeção. O coeficiente angular  $C/a$  é determinado pela inclinação da reta que passa pelos primeiros pontos de  $\gamma(h)$  dando-se maior peso àqueles que correspondem a maior número de pares.

Figura 6 - Principais modelos de variogramas



Fonte: Jakob, 2002

Os variogramas expressam o comportamento espacial da variável regionalizada ou de seus resíduos e mostram o tamanho da zona de influência em torno de uma amostra, a variação nas diferentes direções do terreno, indicando também continuidade da característica estudada no terreno (SEBEM, 2016; *apud* LANDIM, 1998).

Trangmar *et al.* (1985) sugeriram o uso da % da variância do efeito pepita para mensurar o índice de dependência espacial (IDE), sendo que Cambardella *et al.* (1994) propuseram os seguintes intervalos para avaliar a % da variância do efeito pepita (Equação 1):

$$\text{IDE} \leq 25\% = \text{forte dependência espacial};$$

$25\% \leq IDE \leq 75\%$  = moderada dependência espacial;  
 $\geq 75\%$  = fraca dependência espacial.

$$IDE = \frac{c_0}{(c_0+c_1)} \times 100 \quad (1)$$

Sandem (2016) aponta que Zimback (2001) propôs a inversão dos fatores, deixando a equação dessa maneira (Equação 2):

$$IDE = \frac{c_1}{c_0+c_1} \times 100 \quad (2)$$

O autor ainda argumenta que a classificação quanto ao grau de dependência espacial da variável em estudo acabou ficando dessa forma:

- i) variável independente espacialmente – se a relação entre a componente estrutural e o patamar for igual a 0%, neste caso o variograma será com efeito pepita puro;
- ii) variável com fraca dependência espacial – se a componente estrutural for menor ou igual a 25% do patamar;
- iii) Variável com moderada dependência espacial – se a componente estrutural estiver entre 25% e 75% do patamar;
- iv) Variável com forte dependência espacial – se a relação entre a componente estrutural e o patamar for maior ou igual 75%.

## 2.8 IDW

Dentre os métodos de interpolação existentes, esse estudo abordará o método SIG da Distância inversa ponderada, baseando-se no fato que se trata de um método em que o peso de cada ponto é o inverso de uma função da distância (MARCUZO *et al.*, 2011).

De acordo com o mesmo autor a interpolação IDW é uma das técnicas mais utilizadas para interpolar pontos espalhados espacialmente, uma vez que utiliza uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados.

Reis *et al.* (2005) espacializaram dados de precipitação para projetos de drenagem no Estado de Goiás e Distrito Federal, e analisaram a acuracidade dos interpoladores IDW e Krigagem através do método validação cruzada e constataram que as menores diferenças entre os valores reais e estimados pelos interpoladores, em quase todas as localidades, foram utilizaram o método IDW.

Marcuzo *et al.* (2011) descreve que o cálculo do IDW é dado pela seguinte fórmula:

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (3)$$

Em que,

$Z(x)$  - é o valor do ponto que se deseja interpolar;

$n$  - é a quantidade de pontos próximos utilizados na interpolação do ponto  $x$ ;

$Z(x_i)$  - é o valor do ponto  $x_i$ ;

$\omega_i$  - é o peso do valor de  $x_i$  sobre o ponto  $x$ .

Marcuzo *et al.* (2011) complementa que para se determinar  $\omega_i$  utiliza-se a seguinte equação matemática:

$$\omega_i = \frac{1}{h(x, x_i)^p} \quad (4)$$

Em que,

$h(x, x_i)$  - é a distância entre o ponto  $x$  e o ponto  $x_i$ ;

$p$  - é o parâmetro de potência, geralmente igual a dois.

Os parâmetros de potência maiores enfatizam pontos mais próximos, tornando o resultado menos suave. Parâmetros de potência menores enfatizam pontos mais distantes, tornando o resultado mais suave, porém menos preciso (MARCUIZZO *et al.*, 2011).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local de condução da pesquisa**

O trabalho foi conduzido pelo Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas – LIMA, lotado no Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade Federal do Ceará. O LIMA faz levantamento de acidentes que ocorrem nas mais diversas localidades, e avalia os riscos desses acidentes com máquinas agrícolas, principalmente os tratores e realiza estudos e pesquisas para a prevenção dos principais focos de acidentes envolvendo estes mecanismos.

#### **3.2 Coleta e construção da base de dados**

O Laboratório de Investigação de Acidente com Maquinas Agrícolas – LIMA construiu um Banco de Dados com informações provenientes de notícias de acidentes, por meio de mídia eletrônica, com tratores em todo o território nacional. Os dados foram catalogados em planilhas eletrônicas com os seguintes itens: data, detalhando o dia da semana, o mês e ano de ocorrência do acidente; a localização identificando estado e município de ocorrência, quantidade de vítimas feridas e fatais; o tipo e causa dos acidentes; local de ocorrência (Estrada, Rodovia, Propriedade e Vias Públicas); faixa etária do operador e se possuía algum implemento acoplado.

Para melhor direcionamento da pesquisa, utilizou-se palavras-chave específicas, como: acidentes com tratores, colisão com tratores, acidente fatal envolvendo trator, morte em acidentes com máquinas agrícolas, entre outras. Para este trabalho foram usadas as informações obtidas referentes ao período de 1 de janeiro de 2013 a 31 de maio de 2016.

Foram levantadas 890 notícias de acidentes nesta pesquisa, e os mesmos estão distribuídos no território nacional da seguinte forma: Região Sul com 369 informações de acidentes; Região Sudeste com 220 informações de acidentes; Região Centro-Oeste com 132 informações de acidentes; Região Nordeste com 126 informações de acidentes; e Região Norte com 43 informações de acidentes, distribuídos conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Quantidade de acidentes no Território Nacional

Região Geográfica Brasileira	Quantidade de acidentes
Região Sul	369
Região Sudeste	220
Região Centro Oeste	132
Região Nordeste	126
Região Norte	43
<b>Total</b>	<b>890</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quando identificadas, essas notícias foram avaliadas, buscado informações que caracterizam os acidentes e em seguida foram impressas e arquivadas. Com essas informações foi possível construir uma planilha eletrônica com dados alfanuméricos, que permitiu agrupar cada uma das variáveis analisadas ou correlacioná-las entre si, conforme exemplificado na Figura 7:

Figura 7 - Site de pesquisa, notícia de acidente e planilha alfanumérica

The figure illustrates the process of data collection from a news source into a structured spreadsheet. It shows a Google search for tractor accidents, a specific news article from 'canal rioclaro' detailing a fatal tractor accident in Ajapi, and a spreadsheet that organizes such incidents by date, location, and cause.

N	DATA	DIA DA SEMANA	MÊS	PERÍODO DO ACIDENTE	UF DO ACIDENTE	CIDADE	Qtd. DE VITIMAS	Qtd. DE MORTOS	LOCAL DO ACIDENTE	TIPO DO ACIDENTE	CAUSA DO ACIDENTE
811	29-02-2016	SEGUNDA FEIRA	FEVEREIRO	M	SP	SÃO CARLOS	2	0	RODOVIA	COLISÃO	FALTA DE ATENÇÃO
813	20-07-2013	SEGUNDA FEIRA	JULHO	T	SP	SÃO CARLOS	1	1	CIDADE	TOMBAMENTO	ESMAGAMENTO
860	28-01-2013	SEGUNDA FEIRA	JANEIRO	T	SP	SÃO JOÃO DA BOA VISTA	1	0	PROPRIEDADE	CAPOTAMENTO	REFUGIARIDADE DO TR
814	24-04-2016	DOMINGO	ABRIL	M	SP	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	1	1	PROPRIEDADE	QUEDA DO TRATOR	ATROPELAMENTO DE PE
791	17-12-2013	QUINTA FEIRA	DEZEMBRO	M	SP	SOROCABA	2	1	RODOVIA	COLISÃO	ATO INSEGURO
786	11-12-2014	QUINTA FEIRA	DEZEMBRO	M	SP	TAMBÁU	1	1	PROPRIEDADE	CAPOTAMENTO	PERDA DE CONTROLE DO OPE
831	30-07-2013	TERÇA FEIRA	JULHO	N	SP	TANABI	8	0	ESTRADA	COLISÃO	PERDA DE CONTRO
753	29-03-2014	SÁBADO	MARÇO		SP	TAQUARITINGA	2	1	RODOVIA	CAPOTAMENTO	PERDA DE CONTROLE DO OPE
782	27-10-2014	SEGUNDA FEIRA	OUTUBRO	T	SP	TATUI	1	1	PROPRIEDADE	QUEDA DO TRATOR	MAL SÚBITO
842	16-02-2013	SÁBADO	FEVEREIRO	M	SP	TEODORO SAMPAIO	1	1	RODOVIA	COLISÃO	NÃO INFORMADO
758	02-04-2014	QUARTA FEIRA	ABRIL	M	SP	TUPÁ	3	1	RODOVIA	COLISÃO	ATO INSEGURO
804	29-08-2013	SÁBADO	AGOSTO	N	SP	LIBERABA VERISSIMO	4	1	RODOVIA	COLISÃO	ATO INSEGURO
891	10-04-2018	QUARTA FEIRA	ABRIL	T	SC	ZORTEA	2	0	RODOVIA	COLISÃO FRONTAL	FALTA DE ATENÇÃO
777	18-09-2014	QUINTA FEIRA	SETEMBRO	N	SP	UBIRAJARA	1	1	PROPRIEDADE	APRISIONAMENTO DE MEMBROS	ATO INSEGURO
820	03-12-2013	TERÇA FEIRA	DEZEMBRO	T	SP	VERA CRUZ	1	1	PROPRIEDADE	CAPOTAMENTO	NÃO INFORMADO
783	27-10-2014	SEGUNDA FEIRA	OUTUBRO	T	SP	VOTUPORANGA	1	0	PROPRIEDADE	QUEDA DO TRATOR	PERDA DE CONTROLE DO OPE
810	28-03-2016	SEGUNDA FEIRA	MARÇO	M	SP	VOTUPORANGA	3	1	ESTRADA VICINAL	COLISÃO TRASEIRA	LIMITAÇÃO DA MAQU
867	23-04-2016	SÁBADO	ABRIL	M	TO	ARAQUATINS	1	1	PROPRIEDADE	CAPOTAMENTO	QUEDA DO TRATOR
866	26-12-2014	SEXTA FEIRA	DEZEMBRO	M	TO	FORMOSO DO ARAQUAIA	1	1	PROPRIEDADE	QUEDA DO TRATOR	PERDA DE CONTROLE DO OPE

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.3 Planejamento Estatístico

Primeiramente foi feito um teste com os dados coletados, onde os mesmos foram submetidos a uma estatística descritiva básica, para analisar os seguintes parâmetros: média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, coeficiente de variância, simetria e curtose. Através do coeficiente de simetria e curtose foi determinada a normalidade dos dados e foi utilizado a análise de variância para médias que apresentaram normalidade. A normalidade foi considerada normal para os valores do coeficiente de curtose e de simetria dentro do intervalo -3 e 3, ou seja, se adequando a uma curva de distribuição normal, segundo Oliveira (2010). Os dados foram analisados pelo software Minitab versão 16, gerando assim um perfil de acidentes em todo território nacional e suas regiões.

Quando os dados não apresentaram normalidade utilizou-se à Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade que ocorreu entre as médias estudadas. Para processos não normais, ou seja, que não apresentarem normalidade nos dados avaliados Montgomery (2013) sugere a Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) para analisar a variabilidade das médias, a MMEP é definida na Equação 3:

$$z_i = \lambda \sum_0^{i-1} (1 - \lambda) \cdot x_{i-j} + (1 - \lambda)^i \cdot z_0 \quad (5)$$

Em que:

$z_i$  é o valor da média móvel ponderada;

$z_0$  é a média alvo do processo;

$x_i$  é o valor da característica medida;

$\lambda$  é o peso considerado para a média, se refere à sensibilidade em captar pequenas mudanças na média.

Os limites de controle do gráfico MMEP foram encontrados por meio das Equações 4 e 5:

$$LSC = \mu + L \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (6)$$

$$LIC = \mu - L \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (7)$$



Em que:

$\underline{\mu}$  é a média do processo;

$\underline{L}$  é a largura da faixa entre a média e o limite;

$\underline{\sigma}$  é o desvio padrão da amostra.

### 3.4 Análise Geoestatística

Para verificar a dependência espacial das variáveis e interpolar os dados, foi empregada a análise geoestatística, segundo Vieira (2000). Geoestatística é uma classe de técnica estatística desenvolvida para analisar e prever os valores de uma variável distribuída no espaço ou no tempo. Inicia-se com um tipo de análise de auto correlação chamado variografia, semivariância ou análise, em que o grau de auto semelhança é exibido como um vario. O modelo variograma é usado para prever locais não amostrados por kriging ou simulação condicional, que produz estimativas da variável ao longo de todo o domínio espacial ou temporal.

Foram construídos variogramas partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca e do cálculo da semivariância estimada na equação 6

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (8)$$

Em que:

$N(h)$  é o número de pares experimentais de observações,

$Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$  separados por uma distância  $h$ .

O variograma é representado pelo gráfico  $\gamma^*(h)$  versus  $h$  (em que  $\gamma^*(h)$  é a variável do semivariograma).

Para a determinação do índice de dependência espacial (IDE), que é a proporção em porcentagem do efeito pepita ( $C_0$ ) em relação ao patamar ( $C_0 + C$ ), foi utilizado a equação ( $C_0 / C_0 + C$ ) proposta por Cambardella *et al.* (1994) adaptada por Zimbad (2001) que considera dependência forte < 25%; dependência moderada de 25 a 75 %; dependência fraca > 75 % e a independência entre as amostras, quando a relação for igual a 100%. As análises geoestatísticas foram realizadas utilizando o programa GS+ (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2000) que é um

programa de software geoestatístico abrangente que fornece todos os componentes de geoestatística, a partir da análise semivariâncias através de krigagem e mapeamento.

### 3.5 Caracterização dos acidentes

Para determinar os dados de cada acidente, aplicou-se uma análise estatística não paramétrica. A análise escolhida foi a de frequência, sendo assim avaliadas:

- Frequência Absoluta ( $n_i$ ) – Valor individual de cada indicador de acidente.
- Frequência Acumulada ( $N_3$ ) – Somatório dos valores das classes inferiores até a classe delimitada superior, como na equação 7.

$$N_3 = n_1 + n_2 + n_3 \quad (9)$$

Em que:

$N_3$  = Frequência acumulada da classe 3;

$n_1$  = Frequência absoluta classe 1;

$n_2$  = Frequência absoluta classe 2;

$n_3$  = Frequência absoluta classe 3;

- Frequência Relativa (%) - Resultado obtido da divisão entre a frequência absoluta (o valor que é observado na população) e a quantidade de elementos da população, como demonstrado na equação 8.

$$FR(\%) = \frac{FA}{Total} \times 100 \quad (10)$$

Em que:

$FR(\%)$  = Frequência relativa;

$FA$  = Frequência absoluta de cada classe;

$Total$  = população total do indicador.

- Frequência Relativa Acumulada (%) - Resultado obtido da divisão entre o coeficiente entre a frequência acumulada da classe e a quantidade de elementos da população, como demonstrado na equação 9.

$$FRA(\%) = \frac{N_i}{Total} \times 100 \quad (11)$$

Em que:

FRA = Frequência relativa acumulada de cada classe;

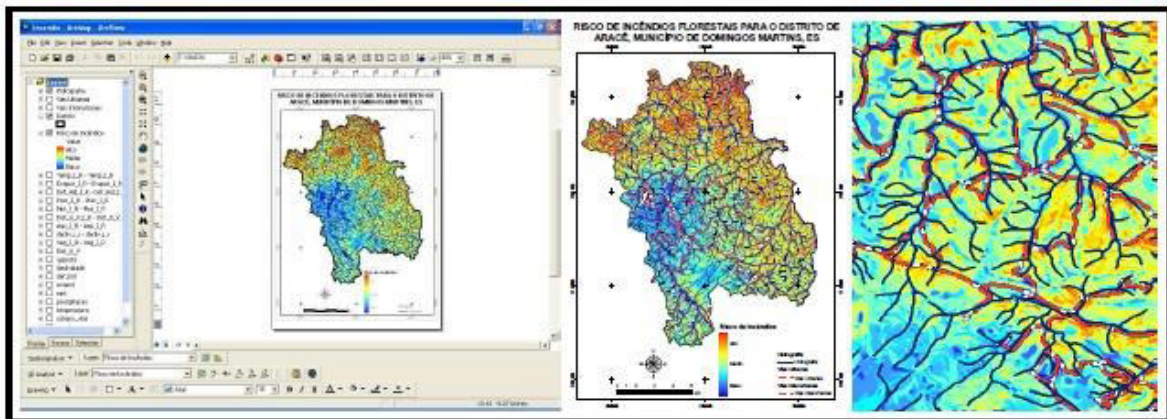
Ni = Frequência acumulada da classe;

Total = população total do indicador.

### 3.6 Base cartográfica

Para a confecção dos mapas de distribuição dos acidentes no território nacional e o cálculo das variáveis espaciais foi usado o software ArcMap 9.3© e o plano de informações espacial contendo as divisões de regiões geográficas brasileiras, estados e municípios, no formato *shapefile*, fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2016, conforme exemplificado na Figura 8:

Figura 8 - Demonstração do programa ArcMap 9.3©



Fonte: Santos, 2010

O *shapefile* é um tipo de arquivo digital que representa uma feição ou elemento gráfico, seja ela em formato de ponto, linha ou polígono e que contém uma referência espacial (coordenadas geográficas) em conjunto o banco de dados sobre os elementos mapeados. Gerar a interpolação dos dados pelo inverso de sua distância, é fundamental para se fazer a medida da dependência

espacial entre as variáveis analisadas. Com isso gera-se assim um mapa georreferenciado dos pontos de ocorrências dos acidentes permitindo uma melhor visualização dos mesmos.

Em cada mapa construído consta, identificação do norte magnético, legenda das informações presentes no mapa e escala.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com levantamento dos acidentes foram agrupados em 3 categorias: 4.1 – Avaliação estatística da variável acidentes para o território nacional e para as regiões brasileiras (Estatística básica e MMEP); 4.2 – Geoestatística e mapas de interpolação (IDW); e 4.3 – Levantamento dos acidentes no território nacional (Análises de frequências).

### 4.1 Avaliação estatística das variáveis dos acidentes (Estatística básica e MMEP)

Na Tabela 3, verificou-se a análise descritiva dos acidentes envolvendo tratores no território nacional, referente à média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, simetria e curtose, para avaliação do atributo “Acidentes/Estado” no Brasil e em suas regiões.

Tabela 3 - Estatística descritiva básica dos acidentes no território nacional e regiões brasileiras

	Brasil	Região				
		Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
Observações	619	251	161	76	102	29
Média	1,4378	1,4661	1,3665	1,737	1,2451	1,483
Desvio Padrão	0,9420	1,0207	0,7881	1,248	0,5705	0,986
Variância	0,8873	1,0418	0,6211	1,556	0,3255	0,973
Coefficiente de variação	65,51	69,62	57,68	71,83	45,82	66,52
Mínimo	1	1	1	1	1	0
Máximo	11	11	6	7	4	5
Simetria	3,85	4,70	2,89	2,21	2,90	2,45
Curtose	23,63	33,94	10,43	5,29	9,85	6,00

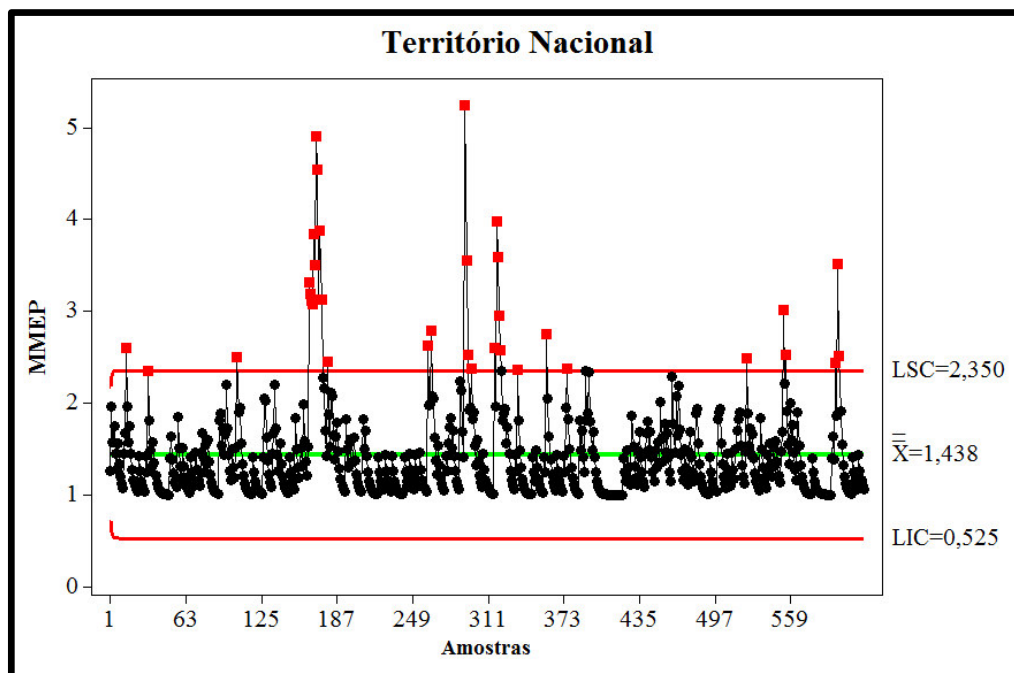
Fonte: Elaborado pelo autor

O coeficiente de simetria para maior parte dos fatores avaliados encontram-se dentro dos valores estabelecidos por Oliveira (2010), o mesmo afirma que se os coeficientes de simetria e curtose estiverem dentro do intervalo de -3 e 3 os dados apresentaram distribuição normal, porém o mesmo não se vê para o coeficiente de curtose, onde o mesmos encontra-se em um intervalo de

5,29 a 33,94, considerando-se assim que não houve normalidade nos dados avaliados para acidentes em todas as variáveis.

Para análise de processos não normais Montgomery (2013) sugere a utilização do gráfico de média móvel exponencialmente ponderada (MMEP). Hines *et al.* (2006) recomenda a combinação dos gráficos de controle convencionais com os MMEP para identificar tanto grandes mudanças no comportamento da amostra como pequenas.

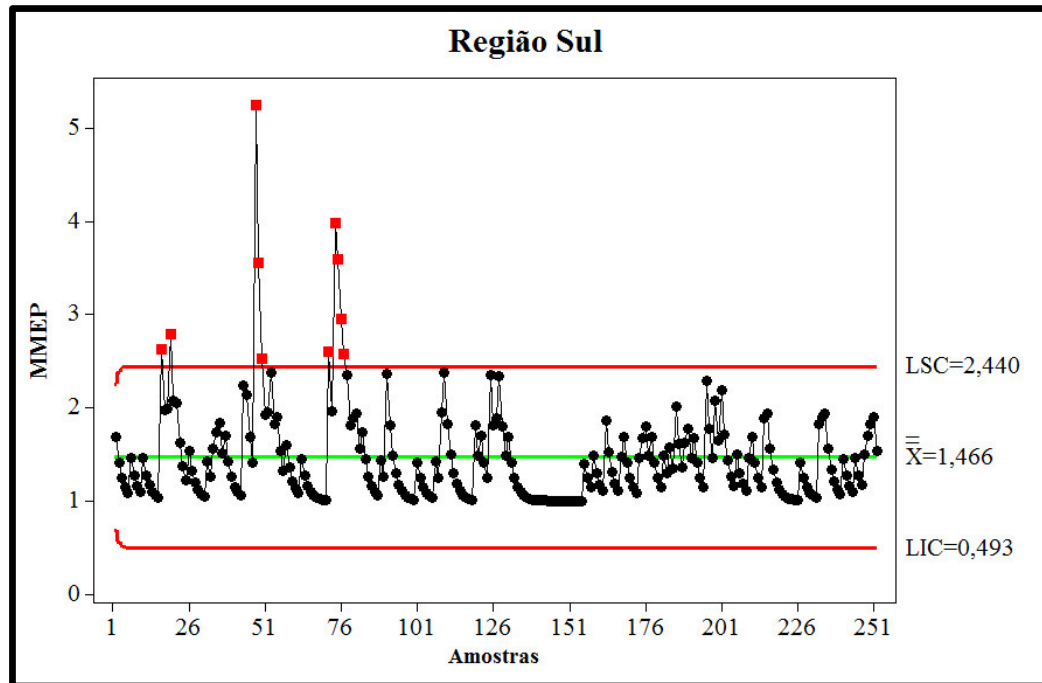
Figura 9 - Gráfico MMEP dos acidentes no Território Nacional



$\bar{x}$  – linha central, LSC – limite de controle superior, LIC – limite de controle

Fonte: Elaborado pelo autor

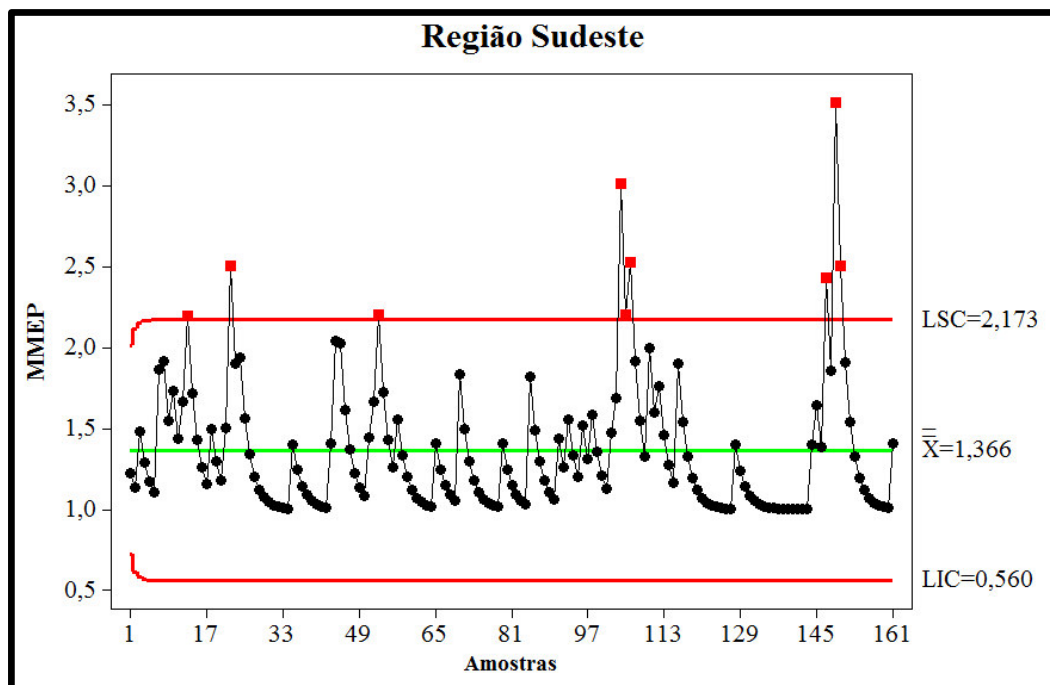
Figura 10 - Gráfico MMEP dos acidentes na região Sul



$\bar{x}$  – linha central, LSC – limite de controle superior, LIC – limite de controle

Fonte: Elaborado pelo autor

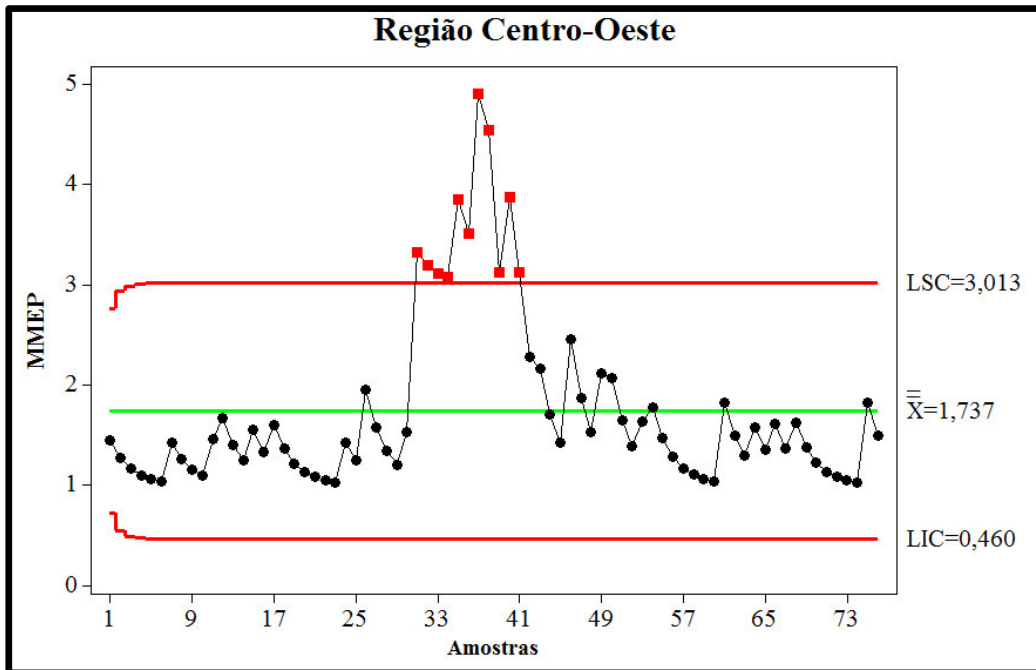
Figura 11 - Gráfico MMEP dos acidentes na região Sudeste



$\bar{x}$  – linha central, LSC – limite de controle superior, LIC – limite de controle

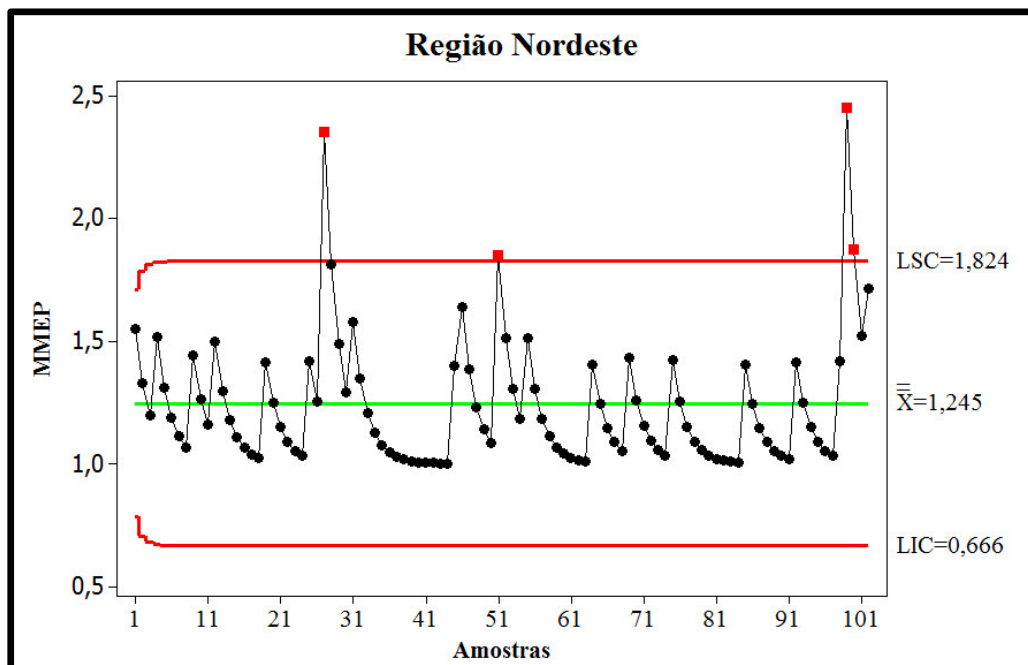
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 - Gráfico MMEP dos acidentes na região Centro-Oeste



$\bar{x}$  – linha central, LSC – limite de controle superior, LIC – limite de controle  
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

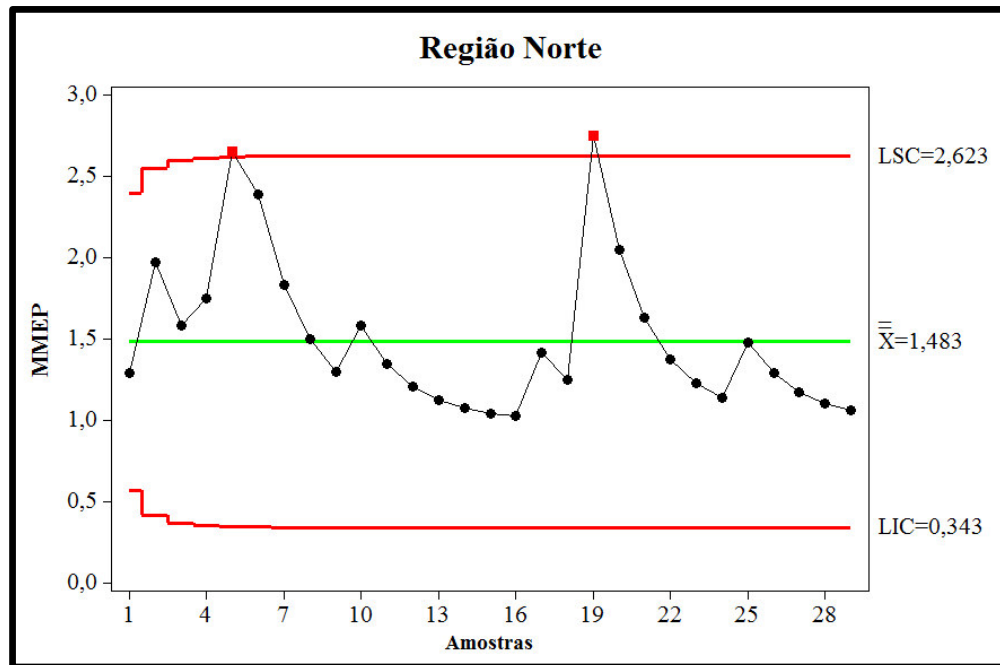
Figura 13 - Gráfico MMEP dos acidentes na região Nordeste



$\bar{x}$  – linha central, LSC – limite de controle superior, LIC – limite de controle  
**Fonte:** Elaborado pelo autor



Figura 14 - Gráfico MMEP dos acidentes na região Norte



$\bar{x}$  – linha central, LSC – limite de controle superior, LIC – limite de controle

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se nas Figuras, que os gráficos de controle que mostram os acidentes levantados em todo território nacional e em suas respectivas regiões que em todas as relações apresentaram alguns pontos fora do limite de controle. Nos gráficos das Figuras 9, 11 e 12, segundo Montgomery (2013) o processo é considerado instável para o Território Nacional e para as Regiões Sudeste e Centro-Oeste, respectivamente, mesmo adotando-se a metodologia de Barros (2008) confirmada por Albiero (2010), Albiero *et al.* (2012) e Melo (2013) que consideram o processo estável quando 95% ou mais dos pontos das amostras estão dentro do intervalo de confiança. Essa metodologia não mascara os dados pois os 5% retirados não vão influir significativamente na amostragem. Melo (2013) e Albiero (2010) fomentam que o autor adota essa metodologia, pois em um processo industrial deve haver o controle preciso de todas as etapas a serem realizadas, porém na agricultura o índice de variabilidade do processo por conta da matéria prima, condições meteorológicas, etc é alto, por conta disso deve-se adaptar as ferramentas de controle estatístico de qualidade.

Os gráficos das figuras 10, 13 e 14 estão dentro desse intervalo estabelecido por Barros (2008), mostrando que nossos dados para as regiões Sul, Nordeste e Norte, respectivamente, são estáveis. Essa estabilidade pode ser considerada por conta dos dados serem ponderais, o que pode dar um equilíbrio nos fatores avaliados, no caso os Acidentes.

Analisando-se as médias obtidas e usando a média do território nacional como referência (1,4 acidentes/Estado), podemos verificar que as regiões Sul e Norte apresentaram médias iguais a do território nacional, isso indica que no monitoramento desses acidentes a variabilidade dos dados é previsto já no processo. Na quantificação dos dados analisados, temos que a região Sul é a que apresentou um maior número de informações de acidentes, e a região Norte a que apresentou um menor quantitativo, o que demonstrado pela MMEP esses valores de média encontrados podem ser usados como base de um algoritmo dinâmico de controle do processo.

A região Centro Oeste foi a que apresentou uma maior média relativa ao número de acidentes (1,7 acidentes/Estado) tomando como referência a média do território Nacional, isso pode ter ocorrido pela região ser atualmente o maior polo produtivo do país, aumentando assim o fluxo dessas máquinas e expondo os operadores a um maior número de acidentes. A menor média de acidentes encontrada foi na região Nordeste (1,2 acidentes/Estado) quando comparada com a média referência, propondo que a região tem uma variabilidade de acidentes menor que a de todo país, apesar de ser a região que possui mais estados no território Nacional. A região Sudeste apresentou uma média de 1,3 acidentes/Estado, que é menor que a média referência, porém, levando-se em consideração que essa região tem apenas 3 estados, essa média é considerada moderada, além do que a região Sudeste, de acordo com o IBGE (2006), está na segunda colocação em número de frota de tratores. Isso pode ter ocorrido por conta da capacitação e investimento que a região proporciona aos operadores e na produção.

Segundo Montgomery (2013) os limites de controle da MMEP podem ser usados para sinalizar quando um ajuste é necessário, e a diferença entre o alvo e a previsão da média pode ser usada para determinar quanto ajuste é necessário ser feito. O autor ainda enfatiza que a média é uma previsão do processo no próximo intervalo de tempo.

#### **4.2 Geoestatística e Mapas de Interpolação (IDW)**

Na Tabela 3, encontram-se os parâmetros estimados pelos semivariogramas para os atributos dos acidentes no território nacional e nas regiões brasileiras para as variáveis, modelo do semivariogramas, efeito pepita, patamar, alcance, grau de dependência espacial e coeficiente de determinação.

Tabela 4 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas para os acidentes com tratores

Atributos	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C <sub>1</sub>	A	IDE	R <sup>2</sup>
Brasil	Linear	7,313	7,313	37,56	0	0,701
Região Sul	Linear	0,01007	0,01007	12,16	0	0,052
Região Sudeste	Linear	0,02337	0,02337	9,47	0	0,664
Região Centro Oeste	Linear	0,04605	0,04605	9,47	0	0,432
Região Nordeste	Linear	0,03664	0,03664	18,51	0	0,003
Região Norte	Exponencial	0,03600	0,13620	59,05	73,6	0,791

C<sub>0</sub>: efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>: patamar; A: alcance da dependência espacial (m); IDE: índice de dependência espacial (%) e R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação múltipla do ajuste (%).

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Analisando as informações da Tabela 4, verifica-se que os atributos avaliados para os acidentes com tratores no Brasil, na regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste não se ajustaram ao semivariogramas, já a região Norte se ajustou ao modelo exponencial.

O efeito pepita (C<sub>0</sub>), segundo Faria *et al.* (2008), é o fator que reflete a descontinuidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. De acordo com os dados é possível avaliar, que alguns atributos apresentaram efeito pepita puro, onde segundo Vieira (2000) é característica da ausência de dependência espacial, em que a variabilidade é associada à independência das amostras. Os atributos Brasil, Região Sul, Região Sudeste, Região Centro-Oeste e Região Nordeste, o efeito pepita foi igual ao valor do patamar, ou seja, efeito pepita puro. Isso demonstra que o índice de dependência espacial dos dados é independente, e que os seus gráficos não se ajustam ao semivariograma.

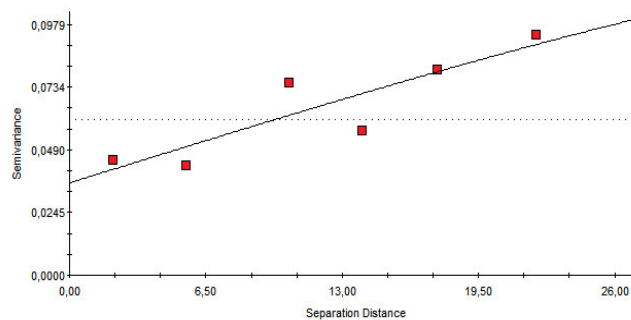
Os atributos avaliados apresentaram valores de patamar (C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>) variando de 0,01007 para Região Sul a 7,313 para Brasil. Esses resultados são explicados por Andriotti (2005), que afirma que o patamar é o valor no qual o semivariograma se estabiliza no campo aleatório, sendo, portanto 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.

No alcance (A<sub>0</sub>), foram observados valores variando de 9,47m para os atributos Região Sudeste e Região Centro-Oeste a 59,05 m para o atributo Região Norte. Para Sebem (2016) o alcance reflete o grau de homogeneização entre as amostras, ou seja, é distância, dentro da qual, as

amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente, dando assim uma noção da tradicional zona de influência.

Analisando o Índice de Dependência Espacial (IDE) representado pela fórmula  $C/(C+Co).100$  os atributos Brasil, Região Sul, Região Sudeste, Região Centro-Oeste e Região Nordeste analisados apresentaram IDE = 0% considerados como variáveis independentes espacialmente conforme Zimback (2001), já o atributo Região Norte apresentou IDE = 73,6%, caracterizando como uma variável com moderada dependência espacial. Esse atributo ajustou-se a um semivariograma demonstrado na Figura 15:

Figura 15 – Semivariograma dos acidentes que ocorreram na região Norte



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Após a avaliação da geostatística os mapas de interpolação dos acidentes foram desenvolvidos com o auxílio do software ArcMap 9.3©.

Com relação aos mapas de interpolação, vamos discriminá-los de acordo com as regiões. O modelo utilizado foi o inverso da distância (IDW), onde os valores estimados são, a partir de combinações lineares, dos dados vizinhos com o peso dado pela distância que separa as amostras.

Nesse método cada informação exerce uma influência nas regiões ao redor quando estas não possuem informações suficientes, o que o torna um método simplista. O modelo consiste em se multiplicar os valores das observações pelo inverso das suas respectivas distâncias ao ponto de referência para a interpolação dos valores.

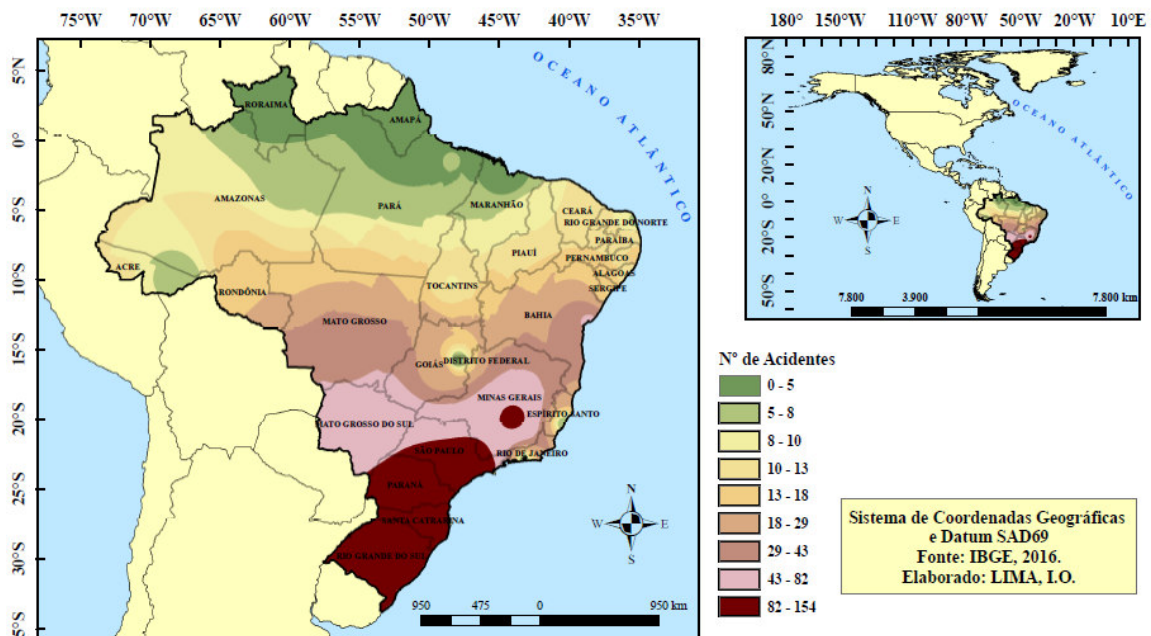
#### 4.2.1 Território Nacional

De acordo com o último censo agropecuário do IBGE (2006) a frota de tratores no território Nacional é de 820.718 máquinas, apresentando na região Sul 347.008 máquinas, na região Sudeste 256.912 máquinas, na região Centro Oeste 127.486 máquinas, na região Nordeste 62.444 máquinas e na região Norte 26.868 máquinas que manejam as áreas produtivas do território brasileiro.

Assim, de posse dessa informação percebemos que as regiões identificadas com os maiores números de acidentes com tratores, são proporcionais as que apresentam um manejo intensivo das máquinas agrícolas por conta das suas produções agrícolas, levando-se a crer em um intenso fluxo dessas máquinas nas regiões.

Na Figura 16, mapeamos os acidentes envolvendo tratores no Brasil, e foi possível identificar que a maior concentração dos acidentes com tratores ocorreu nos estados localizados na região Sul do país.

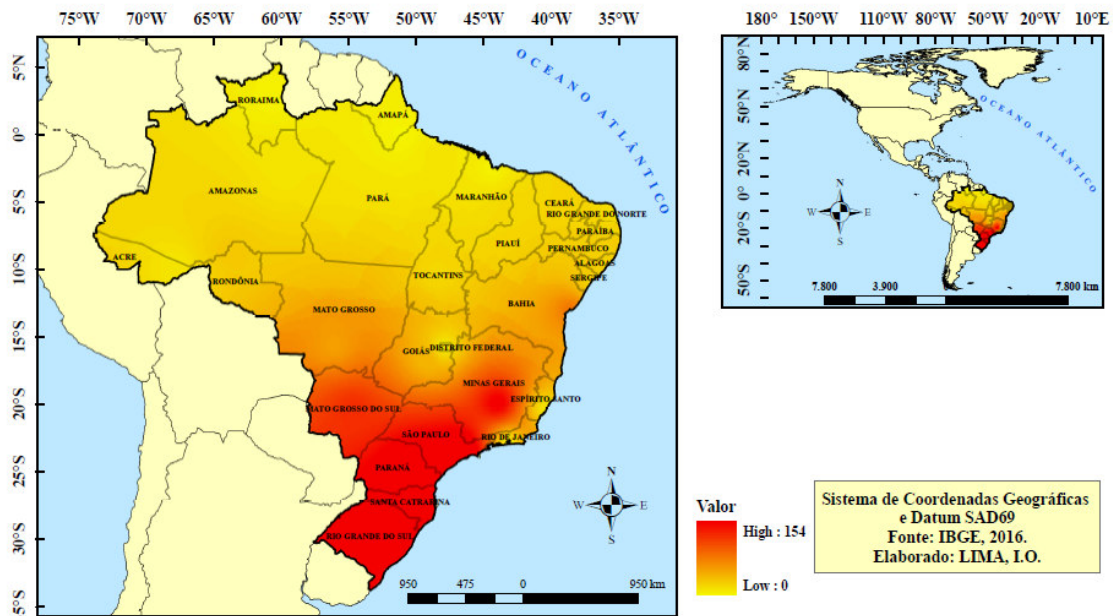
Figura 16 - Espacialização dos acidentes com tratores no Território Nacional



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 17, têm-se a saturação referente ao espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas no território nacional onde as regiões mais quentes (High) concentram o maior número dos acidentes.

Figura 17 - Saturação dos acidentes com tratores no Território Nacional



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Região Sul

A Região Sul do Brasil, é a região brasileira com a segunda maior produção agrícola nacional, e apresentou a maior quantidade de notícias relacionadas a acidentes com tratores agrícolas no período desta pesquisa. Região esta que apresenta a maior frota de máquinas no território nacional segundo o IBGE (2006). A quantidade de acidentes em cada estado da região está identificada Quadro 2.

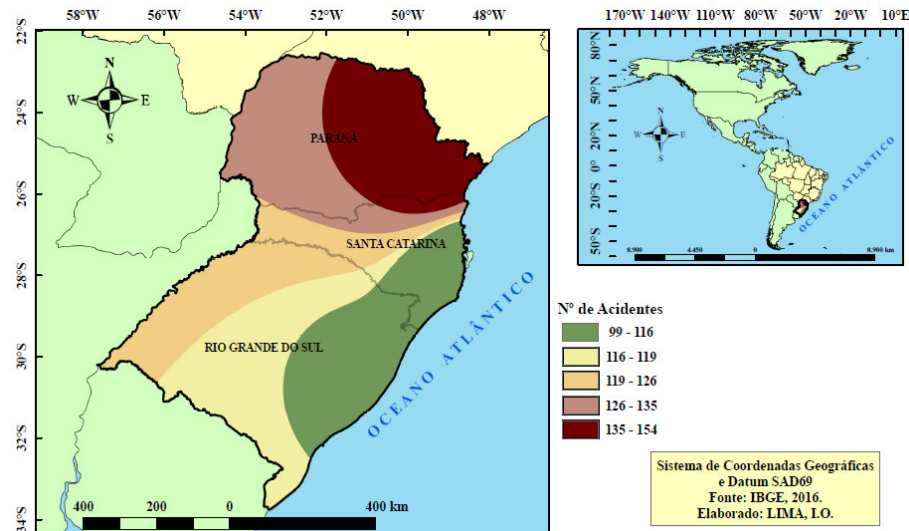
Quadro 2 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Sul

Estados da Região Sul	Quantidade de acidentes
Paraná	154
Rio Grande do Sul	116
Santa Catarina	99
<b>Total</b>	<b>369</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para espacializar os acidentes envolvendo tratores na região Sul do Brasil, temos a Figura 18, onde demonstra que a maior concentração dos acidentes foi no estado do Paraná.

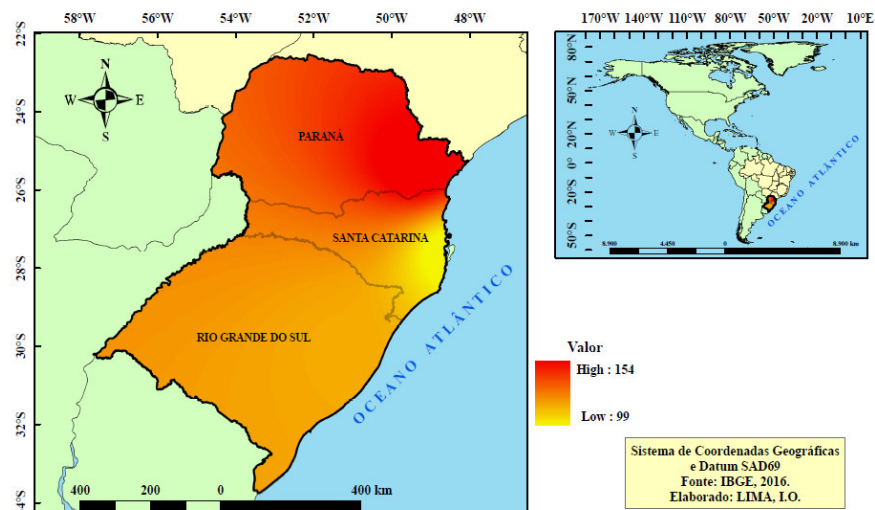
Figura 18 - Espacialização dos acidentes com tratores na Região Sul



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 19, têm-se a saturação referente ao espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas na região Sul onde as regiões mais quentes (High) concentram o maior número dos acidentes.

Figura 19 - Saturação dos acidentes com tratores na região Sul



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.2.3 Região Sudeste

A região Sudeste brasileira apresentou a segunda maior quantidade de acidentes com tratores no país. A quantidade de acidentes nos estados da região sudeste está no Quadro 3, onde é possível identificar que embora os acidentes tenham ocorrido em todos os estados da região, São Paulo e Minas Gerais registram mais de 95% das ocorrências.

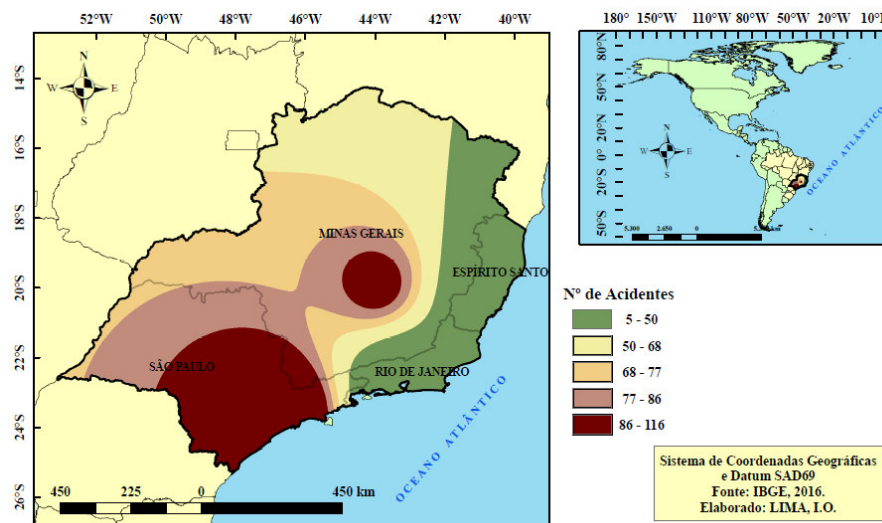
Quadro 3 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Sudeste

Estados da Região Sudeste	Quantidade de acidentes
São Paulo	116
Minas Gerais	94
Espírito Santo	5
Rio de Janeiro	5
<b>Total</b>	<b>220</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para espacializar os acidentes envolvendo tratores na região Sudeste, temos a Figura 20, onde se visualiza uma maior concentração dos acidentes no estado de São Paulo e em parte do estado de Minas Gerais.

Figura 20 - Espacialização dos acidentes com tratores na Região Sudeste

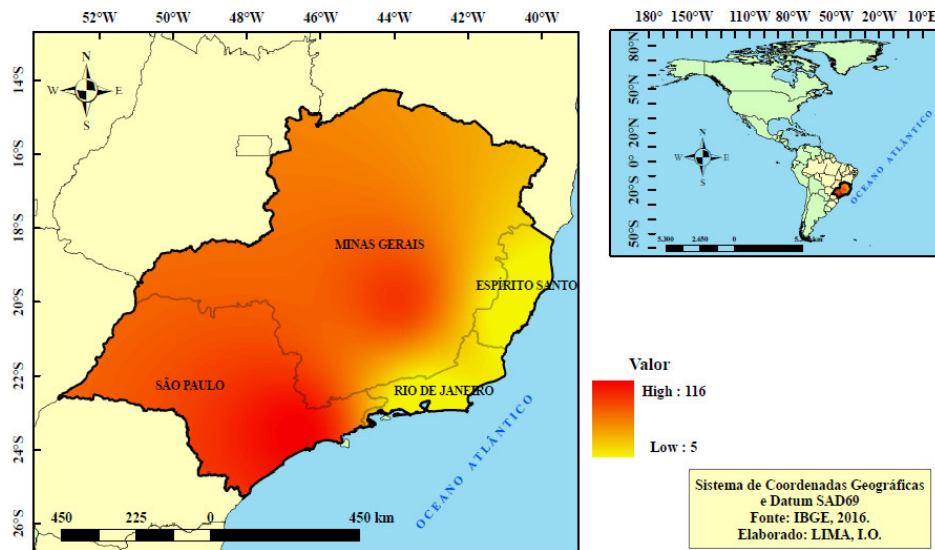


Fonte: Elaborado pelo autor



Na Figura 21, têm-se a saturação referente ao espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas na região Sudeste onde as regiões mais quentes (High) concentram o maior número dos acidentes.

Figura 21 - Saturação dos acidentes com tratores na Região Sudeste



**Fonte:** Elaborado pelo autor

#### 4.2.4 Região Centro Oeste

A região Centro Oeste brasileira é a primeira das grandes regiões em volume de produção agrícola do país, de acordo com o levantamento sistemático da produção agrícola de 2016 (IBGE, 2016). Para se obter esse índice de produção a região Centro Oeste é a segunda maior em frota de máquinas agrícolas. Nessa condição os números de acidentes envolvendo tratores, foram proporcionais com a colocação da frota de máquinas.

O Quadro 4 discrimina o quantitativo dos acidentes por estado na região. Uma das possíveis justificativas para esta quantidade de registros de acidentes seria a intensificação por parte dos empregadores na capacitação e treinamento dos operadores destas máquinas, elevando assim a capacidade produtiva no uso da máquina e diminuindo a quantidade de acidentes ocasionados pelas mesmas.

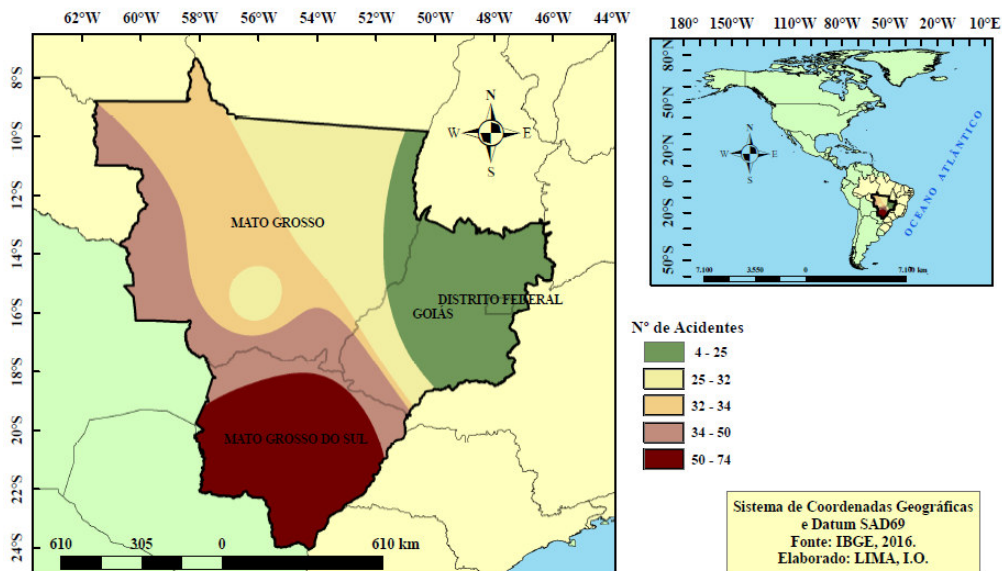
Quadro 4 - Número de acidentes com tratores nos estados da região Centro Oeste

Estados da Região Centro Oeste	Quantidade de acidentes
Mato Grado do Sul	74
Mato Grosso	31
Goiás	23
Distrito Federal	4
<b>Total</b>	<b>132</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para espacializar os acidentes envolvendo tratores na região Centro Oeste, temos na Figura 22, que a maior concentração dos acidentes foi no estado do Mato Grosso do Sul.

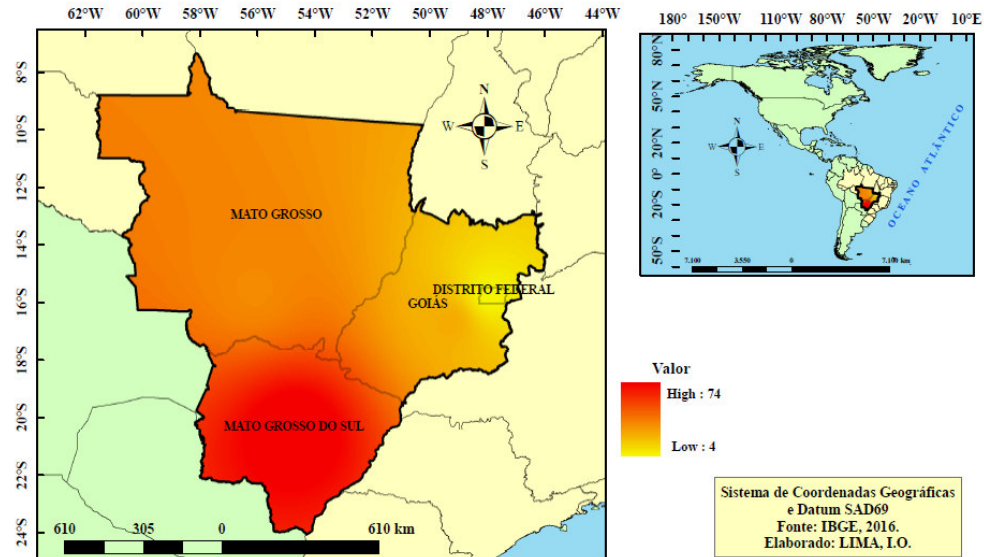
Figura 22 - Espacialização dos acidentes com tratores na Região Centro Oeste



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 23, têm-se a saturação referente ao espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas na região Centro Oeste onde as regiões mais quentes (High) concentram o maior número dos acidentes.

Figura 23 - Saturação dos acidentes com tratores na Região Centro Oeste



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.5 Região Nordeste

A região Nordeste foi a penúltima em número de acidentes com tratores do país. Temos que o perfil dos usuários das máquinas agrícolas nesta região é diferente dos usuários de tratores da região Sul, Sudeste e Centro Oeste. Nessas regiões do ponto extremo sul do país, além de sua frota de tratores ser maior (89,12%), como aponta censo agropecuário brasileiro realizado pelo IBGE (2006) existem grandes agricultores, que com maior poder aquisitivo, com frequência investem na modernização de seus parques de máquinas.

A agricultura nordestina é constituída, em sua maioria, por agricultores familiares de baixo poder aquisitivo, os quais dependem muitas vezes de incentivos de projetos governamentais para a aquisição de maquinário. Em contra partida, existem regiões como o vale do rio São Francisco, sul do Piauí, oeste da Bahia, perímetros irrigados e a zona da mata nordestina, em que o uso de tratores na agricultura é mais intenso. A distribuição dos acidentes nos estados da região Nordeste brasileira está presente no Quadro 5.

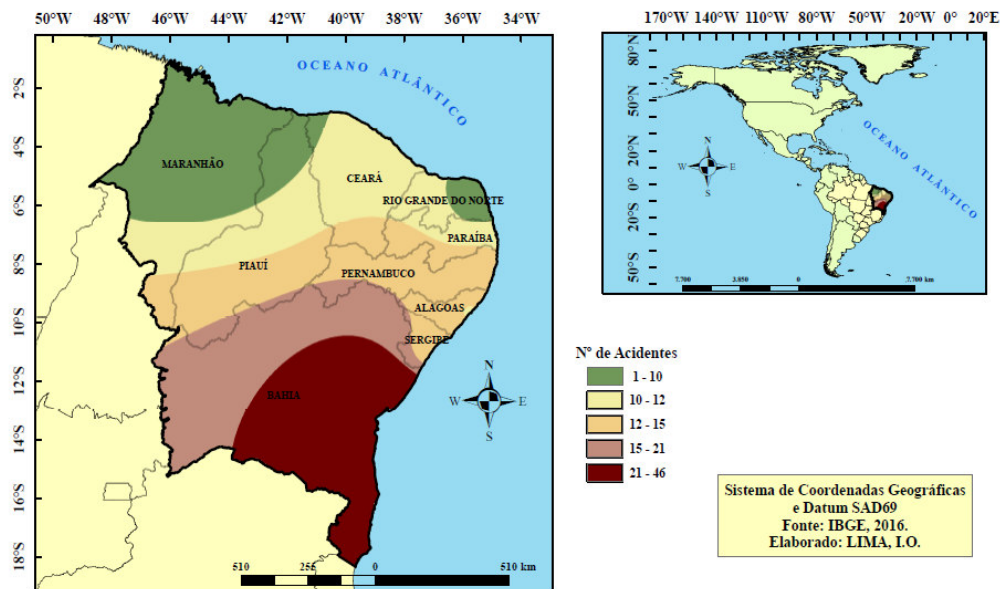
Quadro 5 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Nordeste

Estados da Região Nordeste	Quantidade de acidentes
Bahia	46
Pernambuco	15
Sergipe	13
Alagoas	12
Ceará	11
Paraíba	11
Piauí	10
Rio Grande do Norte	7
Maranhão	1
<b>Total</b>	<b>126</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para espacializar os acidentes envolvendo tratores na região Nordeste, temos a Figura 24, onde demonstra que a maior concentração dos acidentes foi no estado da Bahia.

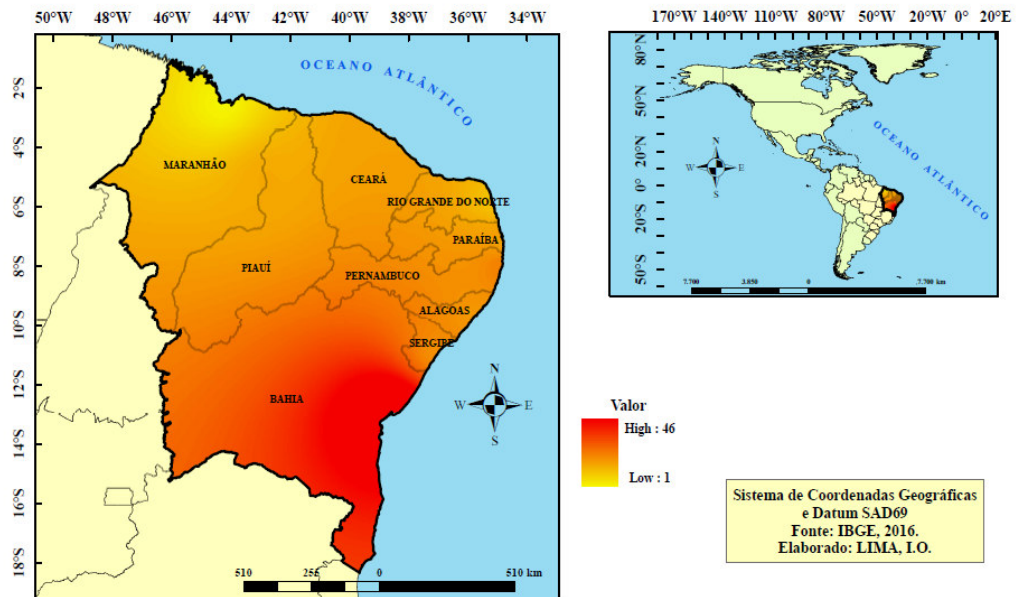
Figura 24 - Espacialização dos acidentes com tratores na Região Nordeste



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 25, têm-se a saturação referente ao espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas na região Nordeste onde as regiões mais quentes (High) concentram o maior número dos acidentes.

Figura 25 - Saturação dos acidentes com tratores na Região Nordeste



Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.6 Região Norte

Na região Norte foram registrados os menores número de acidentes envolvendo tratores no país. Essa quantidade reduzida de acidentes, está relacionado a baixa intensidade agrícola região amazônica e a dificuldade da veiculação das notícias dos acidentes. Na Quadro 6 está a quantidade de acidentes registrados em cada estado da região Norte do Território Nacional.

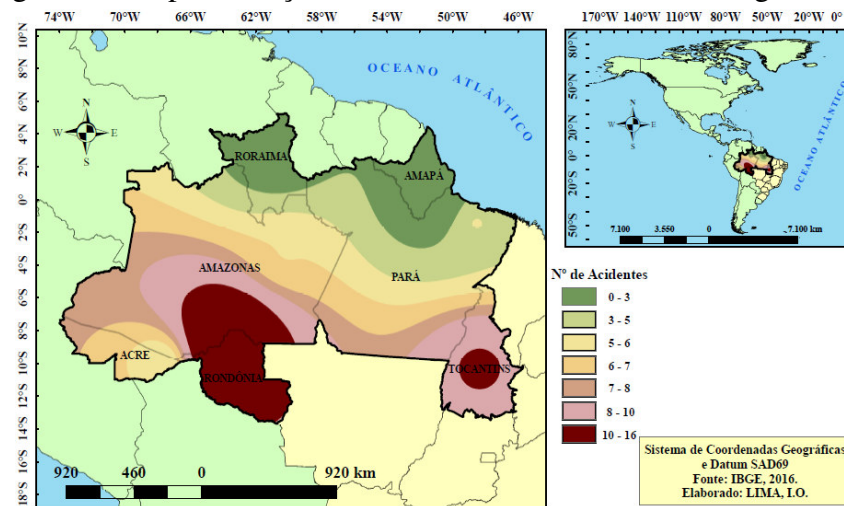
Quadro 6 - Número de acidentes com tratores nos estados da Região Norte

Estados da Região Norte	Quantidade de acidentes
Rondônia	16
Tocantins	10
Amazonas	6
Acre	5
Pará	5
Roraima	1
Amapá	0
<b>Total</b>	<b>43</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para espacializar os acidentes envolvendo tratores na região Norte do país, temos a Figura 26, onde demonstra que a maior concentração dos acidentes foram nos estados de Rondônia, parte do estado de Tocantins e parte do estado da Amazônia.

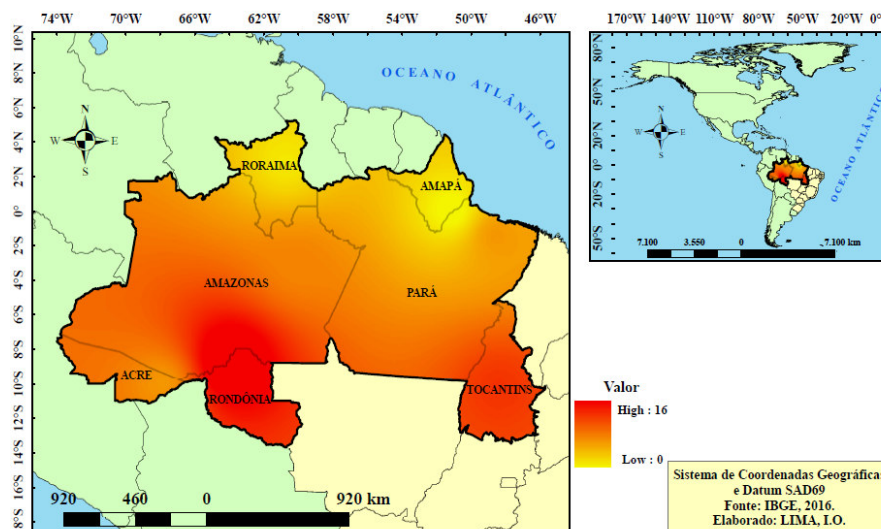
Figura 26 - Espacialização dos acidentes com tratores na Região Norte



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 27, têm-se a saturação referente ao espaço dos acidentes envolvendo tratores agrícolas na região Norte onde as regiões mais quentes (High) concentram o maior número dos acidentes.

Figura 27 - Saturação dos acidentes com tratores na Região Norte



Fonte: Elaborado pelo autor

### 4.3 Levantamento dos acidentes no território nacional (Análises de frequências).

De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, feito pelo IBGE (2016) para safras agrícolas do ano de 2016, com situação no mês de março, nas Grandes Regiões, o volume da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas apresentou a seguinte distribuição: Centro-Oeste, 90,0 milhões de toneladas; Sul, 75,2 milhões de toneladas; Sudeste, 20,8 milhões de toneladas; Nordeste, 17,0 milhões de toneladas e Norte, 7,0 milhões de toneladas.

Quando se faz o comparativo, entre a produção por região e a quantidade de acidentes nas mesmas, tem-se uma correlação significativa entre elas, verificando-se que as três regiões mais produtivas foram também as que apresentaram maiores quantitativos de acidentes.

Segundo Monteiro *et al.* (2013) estas regiões possuem um índice de mecanização elevado e suas características de solo e clima permitem o cultivo em grandes extensões territoriais.

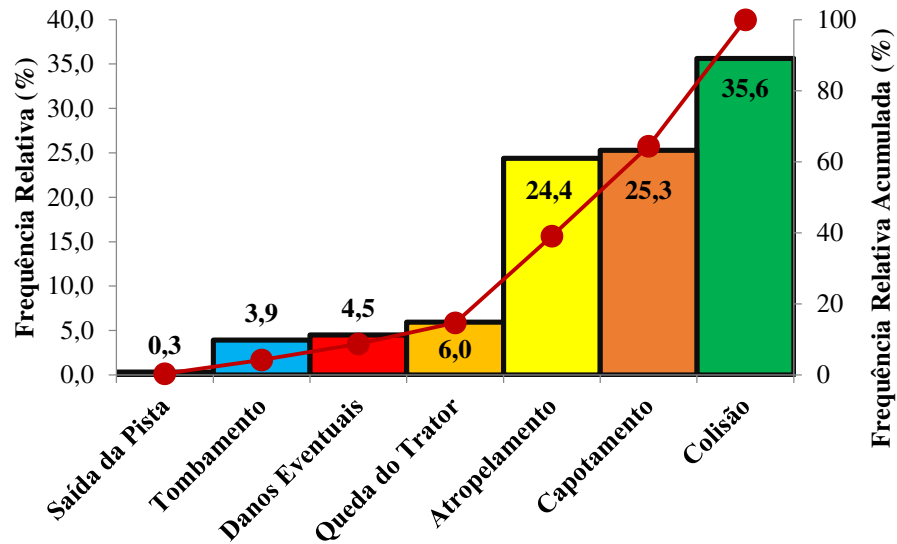
De acordo com o último censo agropecuário do IBGE (2006) a frota de tratores no território Nacional é de 820.718 máquinas, apresentando na região Sul 347.008 máquinas, na região Sudeste 256.912 máquinas, na região Centro Oeste 127.486 máquinas, na região Nordeste 62.444 máquinas e na região Norte 26.868 máquinas que manejam as áreas produtivas do território brasileiro.

Monteiro *et al.* (2013) observaram ainda que o quantitativo de acidentes envolvendo máquinas agrícolas nas regiões brasileiras tem acompanhado a mesma tendência com o número de máquinas das regiões

No Gráfico 1 é apresentada a análise de frequência dos tipos de acidentes com tratores ocorridos no Brasil, demonstrando a frequência relativa, e a frequência acumulada.



Gráfico 1 - Tipos de acidentes com tratores no Território Nacional.



Fonte: Elaborada pelo autor

Avaliando o Gráfico 1 pode-se observar que 35,6% dos acidentes foram devido a Colisão. Debiasi (2002) mostra que dentro das propriedades agrícolas, as colisões ocorrem em número reduzido, porém em vias públicas, estradas e rodovias, este tipo de acidente tem uma maior frequência. Esses resultados corroboram com os de Macêdo (2013) onde constatou que em rodovias federais cerca de 82% dos acidentes foram devido a colisões e somente 18% corresponderam aos demais tipos de acidentes.

As duas maiores frequências de tipos de acidentes foram Capotamento e Atropelamento, com 25,3% e 24,4% respectivamente, os dois em conjunto, correspondem a um percentual de 74% da frequência acumulada. Schlosser *et al.* (2002) em estudo, constatou que na região da Depressão central do Rio Grande do Sul, o capotamento correspondeu a 51,71% dos acidentes relatados, e Mota (2013) verificou que o atropelamento quando ocorrido dentro da propriedade, foi o terceiro em quantidade de acidentes, com 58% da frequência relativa acumulada. Ele salientou ainda que isso pode ter ocorrido por conta do uso inadequado da máquina, onde a mesma é também utilizada no transporte de terceiros, além do operador.

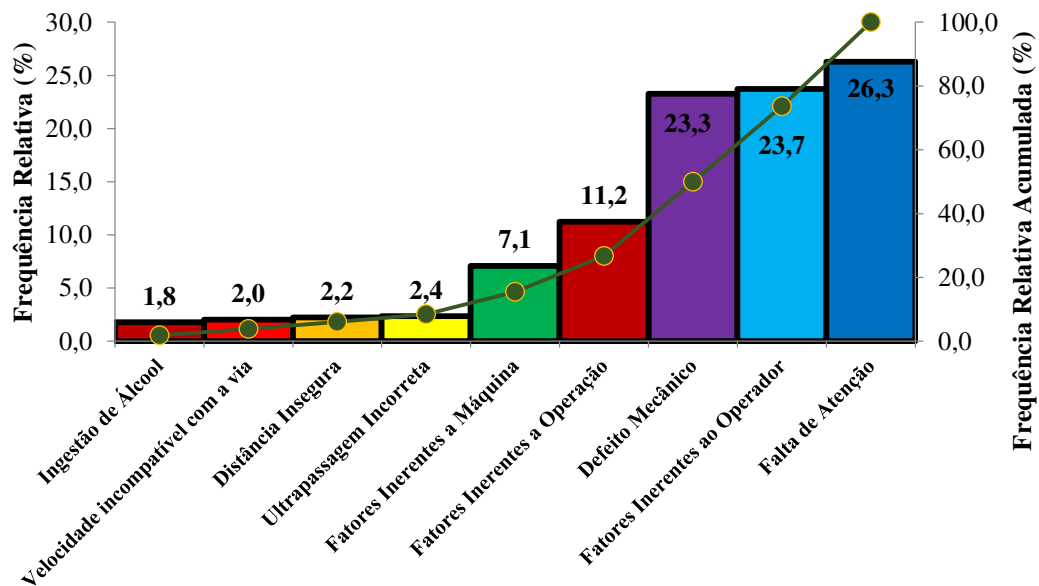
Schlosser *et al.* (2004) afirmam que 66,3% dos operadores, permitem que pessoas andem como carona, o que pode resultar em acidentes com essas pessoas, Monteiro (2012) ainda ressalta que esse transporte inseguro vem aumentando a ocorrência desse acidente cada vez mais nas atividades agrícolas.



Para Queda do trator e Danos eventuais, temos uma frequência relativa de 6% e 4,5%, respectivamente. O menor percentual de frequência relativa pode ser verificado para Tombamento e saída da pista, com 3,9% e 0,3%, respectivamente. Segundo Mota (2013) em pesquisa com acidentes com máquinas agrícolas no Brasil, em 83% houve saída de pista seguido de tombamento.

Com relação às causas desses acidentes, a maior parte aconteceu por falta de atenção, demonstrado no Gráfico 2. Obteve uma frequência relativa de 26,3% dos acidentes com tratores no território nacional, sendo seguido em caráter de ocorrência por fatores inerentes ao operador, como ato inseguro, mal súbito etc. Obteve uma frequência relativa de 23,7%, seguido de defeito mecânico com 23,3% de frequência. Na sequência, tivemos fatores inerentes à operação (irregularidade do terreno, excesso de peso, etc) e fatores inerentes à máquina (falta de sinalizadores na máquina, falta de equipamentos de proteção, etc), que tiveram frequência de 11,2% e 7,1%. As demais causas verificadas foram distância insegura com 2,2%, ingestão de álcool 1,8%, ultrapassagem incorreta 2,4%, e velocidade incompatível com a via 2%.

Gráfico 2 - Causas dos acidentes com tratores no Território Nacional



Fonte: Elaborada pelo autor

Schlosser *et al.* (2002) verificaram que mais de 78% dos acidentes foram ocasionados por atos inseguros das causas específicas da falta de atenção (pressa, cansaço, etc.). Monteiro *et al.* (2012) em estudo realizado para a caracterização de acidentes em rodovias, constataram que a 68%

dos casos foi pela falta de atenção segundo as informações obtidas no BAT (Boletim de Acidente de Trânsito), corroborando com os resultados desta pesquisa.

Para fatores inerentes ao operador, temos que a falta de capacitação do mesmo para a operação dessas máquinas, é algo que atua diretamente nos acidentes. Fernandes (2014) verificou que a falta de treinamento e desconhecimento dos operadores são as principais causas de acidentes com tratores agrícolas na atividade agrícola. Monteiro *et al.* (2010) expõem que alguns operadores de tratores agrícolas alegam conhecer as medidas de segurança a serem adotadas, porém não o fazem.

Com relação ao defeito mecânico, que por vezes acontecem por falta de freio, ou quebra de peças da máquina, está associada a falta de manutenção adequada, na qual é responsabilidade dos operadores. Segundo Macêdo (2013) pode ocorrer pelo desconhecimento parcial do operador quanto aos procedimentos, e desconhecimento do operador de como realizar essa manutenção e as revisões necessárias. Nesse mesmo raciocínio Monteiro *et al.* (2013) afirmam que é necessário que o operador esteja familiarizado com o manual de operação do trator, pois é lá que se encontra as informações necessárias de todos os procedimentos a serem realizados com o trator.

Os fatores inerentes à operação destacam o risco de se realizar uma operação em uma área desconhecida. Monteiro (2013) afirma que antes de se realizar a operação deve-se circular pela área para identificar, declives acentuados, e quaisquer outras irregularidades no terreno.

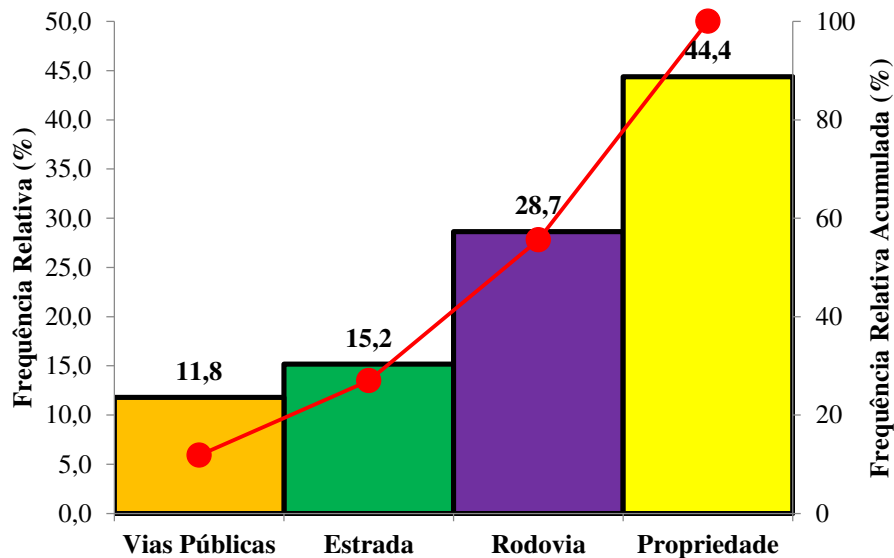
Para os fatores inerentes à máquina, destacamos nesse levantamento a ocorrência constante de relatos de falta de sinalização das máquinas agrícolas que circulam nas rodovias e estradas. Monteiro *et al.* (2013) descreve que os tratores devem possuir refletivos em seus Paralamas indicando que são veículos de baixa velocidade, assim outros veículos visualizem e mantenham uma distância segura, principalmente em locais com pouca luminosidade.

Na ultrapassagem incorreta, destacamos dentro dos relatos o não cumprimento das leis de trânsito. A impaciência dos motoristas dos veículos de passeio, que diante da redução brusca de suas velocidades quando encontram essas máquinas nas vias públicas, em que não estão dispostos a esperarem para fazer a ultrapassagem correta. Associado a incompatibilidade de velocidade, que de acordo com Macêdo *et al.* (2013) é algo que acontece pelos tratores estarem rodando em vias públicas, visto que essas máquinas são veículos que atingem velocidades inferiores ao limite mínimo permitido para trafegar em vias públicas.

Acidentes devido o operador estar sobre o efeito de bebida alcoólica, ocorrem por imprudência do próprio operador. A Lei 12.760/12 no delito de embriaguez ao volante, insculpido no artigo 306 do Código de Trânsito Brasileiro (Lei 9.503/97), descreve que diante de uma situação real de perigo, representada pela alteração psicomotora do condutor configura crime que fique evidenciado por todos os sinais possíveis que o agente não possuía reais condições de conduzir veículo de modo seguro (ALEIXO, 2013).

Com relação aos locais de ocorrência desses acidentes, a maior parte aconteceu, de acordo com o levantamento, nas propriedades rurais, demonstrado no Gráfico 3. Foi obtido uma frequência relativa de 44,4% nas propriedades agrícolas, seguido das rodovias com 28,7% de frequência, estradas com 15,2% e vias públicas com 11,8%.

Gráfico 3 - Locais dos acidentes com tratores no Território Nacional



Fonte: Elaborada pelo autor

Desta forma conclui-se que nas propriedades rurais concentra-se o maior quantitativo de acidentes. Os dados corroboram com Monteiro *et al.* (2012) que afirmam que o maior número de acidentes envolvendo Máquinas Agrícolas ocorre dentro das propriedades rurais. Os autores quantificaram em pesquisa que 48% dos acidentes aconteceram da porteira pra dentro. O gráfico deste levantamento corrobora com o de Mota (2013) onde o autor, em seu levantamento, descreve a mesma classificação dos locais dos acidentes. Vilagra (2009) descreve com relação às propriedades rurais, quando estas são de pequeno porte, 90% dos operadores trabalham mais que

6 horas diárias e os mesmos operam tratores com mais de 10 anos de uso. Segundo o autor, eles não recebem nenhum tipo de treinamento, mas mesmo assim consideram seus tratores adequados para as atividades que realizam, além de relatarem cansaço físico e dor durante a operação.

## CONCLUSÃO

O uso da ferramenta de interpolação IDW do SIG mostrou-se eficiente para a espacialização dos acidentes com tratores em todo o território nacional.

O tipo de acidente com maior quantitativo de notícias foi à colisão, e a causa do acidente que mais prevaleceu foi à falta de atenção por parte do operador.

O local de maior incidência dos acidentes foram nas propriedades rurais.

A Região Sul do Brasil foi à de maior quantitativo de acidentes com tratores agrícolas, seguido da Região Sudeste e Centro Oeste.

As regiões demonstraram quantitativo de acidentes proporcionais à frota de tratores no território nacional.

Pela MMEP a região Centro Oeste possui uma maior média relativa ao número de acidentes que o território nacional e a menor média de acidentes encontrada foi na região Nordeste.

A técnica de interpolação ponderada do inverso da distância (IDW) mostrou-se eficiente na espacialização dos acidentes com tratores nas regiões brasileiras permitindo uma descrição do quantitativo visual.

## REFERÊNCIAS

ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campina, São Paulo, 2010.

ALBIERO, D.; MACIEL, A.S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L.A.; MION, R.L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 86-95, 2012.

ALEIXO, Rafaela Comunale. **O crime de embriaguez ao volante: análise sobre aspectos polêmicos à luz da lei 12.760/12**. Monografia. 2013. 80 f. Faculdades Integradas Antônio Eufrásio de Toledo Pós-Graduação em Direito Penal e Processo Penal. Presidente Prudente – SP. 2013.

ALONÇO, A. dos S. Noções de segurança e operação de tratores. In: REIS, A.V. dos, MACHADO, A.L.T., TILLMANN, C.A. da C., *et al.* **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes**. Pelotas: Universitária, 1999. Cap.4, p.221- 230.

AMBROSI, João Nilson; MAGGI, Marcio Furlan. Acidentes de trabalho relacionados às atividades agrícolas. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.1, p. 1-13. 2013.

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. 165 p.

APRENDDA. **Nome dos Estados Brasileiros: Todos os Nomes e Siglas**. Disponível em: <<https://www.aprendda.com/nome-dos-estados-brasileiros.html>>. Acesso em: 23 maio 2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 4254-1. **Tratores e máquinas agrícolas e florestais** – Recursos Técnicos para Garantir a segurança – parte 1: Geral. Rio de Janeiro, 1999.

BARGER, E.L.; LILJEDAHN, J.B.; CARLETON, W.M.; McKIBBEN, E.G. **Tratores e seus motores**. 1.ed. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 398 p.

BARROS, F. F. **A melhoria contínua no processo de plantio da cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado). 2008. 78 f. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

BRASIL. **Justiça Brasileira**. Disponível

em:<<http://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/112047/regulamento-dos-beneficios-da-previdencia-social-de-1997-decreto-2172-97#art-133>>. Acesso em: 13 Abr 2016.

BRITO, A. B. **Avaliação e redesenho da cabine do “Feller-buncher” com base em fatores ergonômicos.** Tese (Doutorado). 2007. 151 f. Programa de Pós-graduação e Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG

CALIJURI, M. L.; ROHM, S. A. **Sistemas de informações geográficas.** Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 34 p.

CAMARGO, E.C.G.; FUCKS, S.D.; CÂMARA, G. **Análise espacial de superfícies.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, SP. 2002.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B; NOVACK, J.M; PARKIN, T.B; KARLEN, D.L; TURCO R.F.; KNOPKA, A.E. Field-scale variability of soil proprieties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison, v.58, p.1240-1248, 1994.

CAMPOS, C. M. **Identificação e avaliação de variáveis críticas no processo de produção de cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado). 2007. 89 f. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

CARDELLA, B. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística:** segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas. São Paulo: Atlas, 1999. 254 p.

CELERES, 2014. **O setor de máquinas agrícolas no Brasil evolução nos últimos anos e perspectivas.** Disponível em:<<http://celeres.com.br/o-setor-de-maquinas-agricolas-no-brasil-evolucao-nos-ultimos-anos-e-perspectivas/>>. Acesso em: 23 mar 2016.

CONAB. **Dados da Conab informam que produção agrícola brasileira cresceu 8,2% em 2015.** Disponível em:< <http://www.ebc.com.br/noticias/economia/2015/09/dados-da-conab-informam-que-producao-agricola-brasileira-cresceu-82-em>>. Acesso em: 11 de maio de 2016.

CORRÊA, I. M.; YAMSHITA, R. Y.; RAMOS, H. H.; FRANCO, A. V. F. Perfil dos acidentes rurais em agências do INSS de São Paulo no ano de 2000. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional.** São Paulo: Fundacentro, v. 28, n. 107/108, p. 39-57, 2003.

CLARK, I. The semivariogram - Part I. **Eng. & Min. J.**, 180(7). P 90-94, 1979.

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

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.

FELIPE, F. I.; SOUZA LIMA, R. A. DE; RODRIGUES, S. M. **Evolução da Estrutura da Indústria de Tratores de Rodas, no Brasil, no Período de 1999 a 2008.** 47º SOBER - Congresso Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre. 2009.

FERNANDES, Haroldo Carlos; MADEIRA, Nildimar Gonçalves; TEIXEIRA, Mauri Martins; CECON, Paulo Roberto; LEITE, Daniel Mariano. Acidentes com Tratores Agrícolas: Natureza, Causas e Consequências. **Engenharia na agricultura.** Viçosa - MG, V.22 N.4, 361-371p, JULHO / AGOSTO 2014.

FORNAZIER, Armando; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Heterogeneidade estrutural no setor agropecuário brasileiro: Evidências a partir do censo agropecuário de 2006. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1708 **Companhia Nacional de Abastecimento.** Balanço Social 2014. ISSN 2318-3241 Balanço Social, Brasília, ano 15, p. 1-38, out. 2015.

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; CHAVES, Iede de Brito; CHAVES, Lucia Helena Garofalo; LIMA, Eduardo Rodrigues Viana de; SILVA, Bernado Barbosa da. Análise espectral e avaliação de índices de vegetação para o mapeamento da caatinga. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** v. 10, n.3, p 01 - 12, jul-set, 2015.

FURLANI, C. E. A.; SILVA R. P. da. **Trator agrícola. Apostila didática n 03.** Jaboticabal: Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola – LAMMA, UNESP. Disponível em:<[http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/CARLOSEDUARDOANGELIFURLANI/apostila\\_nr3-tratores.pdf](http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/engenhariarural/CARLOSEDUARDOANGELIFURLANI/apostila_nr3-tratores.pdf)>. Acesso em: 23 mar 2016.

GABOARDI JUNIOR, Alcides. **A importância da produção na agricultura familiar para a segurança alimentar.** 2ª Jornada questão agrária e desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná. 2013.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+ for Windows.** Demonstration version. Michigan: Gamma Design Software, 2000.

GENÚ, A. M. **Geoestatística Multivariada.** Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2004.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia.** Trad.: João Pedro Stein. 4.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Rio de Janeiro v.29 n.3 p.79.2016

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006** (resultados preliminares), Rio de Janeiro. 2007. IBGE, p.142.



IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vamos conhecer o Brasil**. Disponível em: < <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/brasil-no-mundo.html>>. Acesso em: 08 março 2016.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990. p 451.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 9. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003. p 465.

ISAAKS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. **An Introduction to Applied Geostatistics**: Oxford University Press 1989, p 561.

JAKOB, Alberto A.E. **Kriging demographic variables in order to look for trends in the spatial distribution of population**. Trabalho final do curso Spatial Modeling and Analysis – CSS 620, do Department of Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, 2002.

KIRSCHNER, Sabrina Feron. **Um sistema de auxílio à coleta de dados na Área de agricultura de precisão baseado em aplicações móveis**. Monografia. 2012. 72 f. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2012.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora da UNESP. 1998.

LANG, Stefan; BLASCHKE, Thomas. Tradução: Hermano Kux. **Análise da paisagem com SIG**. Oficina de textos. São Paulo – SP. 2009.

LEAL, Fabrício Assis. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoestatística aplicadas em um povoamento de eucalyptus urophylla s. T. Blake para estimativa de volume**. Dissertação (mestrado). 2013. 96 f. Universidade de Brasília. Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais. 2013.

LILJEDAHL, J.B. *et al.* **Tractors and their power units**. 4. ed. St. Joseph: ASAE, 1996. P.203-232.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; OLIVEIRA, R. M. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores, “Feller-Buncher” e “Skidder” utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvores**. Viçosa v. 29. n. 2. p 291-298. 2005.

LOPES, José Evanaldo Lima. **Mapeamento e Caracterização de Acidentes envolvendo Tratores nas Rodovias Federais Brasileiras que Cortam o Estado de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado). 2015. 85 f. Universidade Federal do Ceará. 2015.

LUCAS, T. de P. B.; ABREU, M. L. de; PARIZZI, M. G.; MARRA, J. F. O efeito de borda da interpolação iqd em mapas de chuva: uma comparação entre malhas de postos pluviométricos. **REVISTA GEONORTE**. Edição Especial 2. V.2. N.5. p.1364 – 1376. 2012.

MACÊDO, D. X. S. **Caracterização dos acidentes envolvendo tratores agrícolas nas rodovias federais brasileiras**. Dissertação (mestrado). 2013. 62 f. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2013.

MACEDO, D. X. S.; MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D.; SANTOS, V. C.; MOTA, W. A. **Relação entre o Tipo e a Causa dos Acidentes com Máquinas Agrícolas nas Rodovias Federais Brasileiras que Cortam o Estado de Minas Gerais**. XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Fortaleza – CE. 2013.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R. D.; MELO, D. C. R. **Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 4, p. 793-04, 2011. ISSN 194-2295.

MADEIRA, N. G. **Segurança no Trabalho nas Operações com Tratores Agrícolas em Regiões de Minas Gerais**. Tese de Doutorado. 2011. 181 f. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2011.

MAPA – Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/exportacao>>. Acesso em: 20 maio 2016.

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

MÁRQUEZ, L. **Solo tractor'90**. Madrid: Laboreo, 1990. 231 p.

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

MDA - Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-creditorural/sobre-o-programa>>. Acesso em: 20 maio 2016.

MEIRELES, C. E. **Segurança e Saúde Ocupacional Rural**. 1º Simpósio Brasileiro sobre Ergonomia e Segurança do Trabalho Florestal e Agrícola. Belo Horizonte – MG. 2000.

MELO, R. P. **Qualidade na distribuição longitudinal de sementes por semadoras de precisão e fluxo contínuo nas condições edafoclimáticas do Ceará**. Dissertação (Mestrado). 2013. 125 f. Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Fortaleza. 2013.

MENDES, C. A. B. **Planejamento Nacional de Recursos Hídricos Baseado no Uso de Técnicas de Geoprocessamento**. Porto Alegre: [s.n]. 9 p. 1997.

MIALHE, L.G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU, 1980. v.1, 289 p.

MONTEIRO, L.A. *et al.* **Prevenção de Acidentes com Tratores Agrícolas e Florestais**. 105 p, UNESP- Botucatu – SP, 2010.

MONTEIRO, L. A. *et al.* Estatística preocupante. **Cultivar Máquinas**, v. 117, p. 48-50, 2012. Disponível em: < [http://www.lima.ufc.br/arquivos\\_pdf/20131220132231.pdf](http://www.lima.ufc.br/arquivos_pdf/20131220132231.pdf)>. Acesso em: 13 abr 2016.

MONTEIRO, L. de, A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F. H. de. MELO, R. P.; CORDEIRO, I. M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 70-75, jan./mar. 2013.

MOTA, W. A. **Caracterização dos Acidentes com Máquinas Agrícolas no Brasil no Período de 2011 a 2012**. Monografia. 2013. 46 f. Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Ceará. 2013.

MOURA, Ana Clara M. **A escolha de interpoladores e recursos de visualização na estruturação de bases de dados para produção de informações espaciais apoiadas por geoprocessamento**. Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da UFMG. Belo Horizonte, 2012. 21 p.

MONTGOMERY, Douglas C; RUNGER, George C. **Applied statistics and probability for engineers** 3rd ed. p. cm. John Wiley & Sons, Inc. 976 p. . 2013.

MURREL, K.F.H. **Ergonomics: Man in his working environment**. London: Chapman and Hall, 1965. 496 p.

OLIVEIRA, J. U. C. de. **Estatística: uma nova abordagem**. Rio de Janeiro: Ciência, 2010. 544 p.

PINA, M. F. **Armazenamento dos Dados em SIG**. In: Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde. Brasília: Organização Panamericana da Saúde – Ministério da Saúde. 124p. 2000.

PINHEIRO, A. K. S.; FRANÇA, M. B. A. **Ergonomia aplicada à anatomia e fisiologia do trabalhador**. Goiânia: AB Ed. 165p. 2006.

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.

ROZIN, D. **Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com normas de ergonomia e segurança.** Dissertação (Mestrado). 2004. 287f. Programa de Pós-graduação, UFSM, Santa Maria.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R. O; EUGÊNIO, F. C. **ARCGIS 9.3 total: aplicações para dados espaciais.** CAUFES. 184 p. Alegre – ES. 2010.

SANTOS FILHO, A. G. dos; SANTOS, J. E. G. G. dos. **Apostila de máquinas agrícolas.** Bauru- São Paulo, UNESP. Disponível em:< <http://wwwp.feb.unesp.br/abilio/maqagri.pdf>> Acesso em: 23 mar 2016.

SCHLOSSER, J. F. *et al.* Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Ciência Rural**, vol. 32, n. 6, 2002. p.977-981.

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

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

SEBEM, Elódio. **P. P. G. em Agricultura de Precisão: Geoestatística.** Programa de Pós Graduação. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/14885414-P-p-g-em-agricultura-de-precisao-dpadp0803-geoestatistica-prof-dr-elodio-sebem.html>>. Acesso em: 10 maio 2016.

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](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/6/394/CT06-51_1403905114.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2016.

SPAGNOLO, Roger toscan. **Desempenho operacional de um trator agrícola em função da lastragem, pressão e insuflagem e da vida útil do pneu.** 2010. 55f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG. 2010.

STAR, J. L.; ESTES, J. E. **Geographic information systems:** Na introducion, Pretince Hall. A comprehensive text on GIS, with excellent treatment of raster systems. 1990.

STURARO, José Ricardo. **Apostila de Geoestatística Básica.** UNESP - Campus de Rio Claro Departamento de Geologia Aplicada – IGCE. 2015. 34 p.

TEIXEIRA, Jodenir Calixto. Modernização da Agricultura No Brasil: Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas-MS**, V 2 – n.º 2 – ano 2, Set. 2005. 22 p.

TOLEDO, Marina Belfort Prudente de; TSUZUKI, Camila Akemi; SOUSA, Roberta Messiane Gonçalves. **Projeto São José, Projeto Conexão Local**. FGV-EAESP - Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas - GV Pesquisa, 2008. 22 p.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to special studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

VIAN, C.; ANDRADE JÚNIOR, A. **Evolução histórica da indústria de máquinas agrícolas no mundo: origens e tendências**. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010. 19 p.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas; ANDRADE JÚNIOR, Adilson Martins; BARICELO, Luís Gustavo; SILVA, Rodrigo Peixoto da. Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. **RESR, Piracicaba – SP**, Vol. 51, nº4, p. 719-744. 2014.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo: Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

VILAGRA, JOSÉ MOHAMUD. **Adequação Ergonômica de Trator Agrícola de Média Potência: Construção e Validação de um Instrumento de Avaliação a Partir do Construto de Conforto, Segurança e Eficiência**. Tese (doutorado). 2009. 133 f. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2009.

WITNEY, B. Choosing and using farm machines. **Harlow: Longman Scientific and technical**, 1988. p.28-94.

YADAV, R.; TEWARI, V.K. Tractor operator workplace design – a review. **Journal of Terramechanics**, v.35, p.41- 53, 1998.

ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. 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. 173 p.