

## ACIDENTES COM TRATORES NAS REGIÕES BRASILEIRAS

**ISABELA OLIVEIRA LIMA<sup>1</sup>; LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO<sup>2</sup>; ELIVANIA MARIA SOUSA NASCIMENTO<sup>3</sup>; RAFAELA PAULA MELO<sup>4</sup> E MARA ALICE MACIEL DOS SANTOS<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> *Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, s/n – Pici, cep:60455-760, Fortaleza - CE, Brasil. E-mail: [isabelaoliveiralima@yahoo.com.br](mailto:isabelaoliveiralima@yahoo.com.br)*

<sup>2</sup> *Professor Doutor, Universidade Federal do Ceará-UFC, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, s/n - Pici, cep:60455-760, Fortaleza - CE, Brasil. E-mail: [aiveca@ufc.br](mailto:aiveca@ufc.br)*

<sup>3</sup> *Doutoranda em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, s/n - Pici, cep:60455-760, Fortaleza - CE, Brasil. E-mail: [elivania\\_sousa@yahoo.com.br](mailto:elivania_sousa@yahoo.com.br)*

<sup>4</sup> *Doutora em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, s/n - Pici, cep:60455-760, Fortaleza - CE, Brasil. E-mail: [rafaela\\_2708@hotmail.com](mailto:rafaela_2708@hotmail.com)*

<sup>5</sup> *Mestre e Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, s/n - Pici, cep:60455-760, Fortaleza - CE, Brasil. E-mail: [maraallice@yahoo.com.br](mailto:maraallice@yahoo.com.br)*

**RESUMO:** Acidentes de trabalho no meio rural estão se tornando cada dia mais frequentes, e se faz necessário a identificação destes para que se possa implementar medidas preventivas. Em consonância a essa busca o presente trabalho objetivou-se a mapear acidentes com máquinas agrícolas sucedidos no Brasil no período de janeiro de 2013 a maio de 2016, usando técnicas de geoprocessamento para a confecção dos mapas. Os dados foram obtidos a partir de um compilado de informações de acidentes ocorridos no período. Foram desenvolvidos mapas pelo IDW (Inverse Distance Weighted), permitindo a identificação das áreas de maior e menor concentração de acidentes. Os dados analisados foram submetidos a uma verificação da dependência espacial das variáveis, pela análise geoestatística, segundo Yamamoto e Landim (2015). Os resultados demonstram uma maior concentração de acidentes na região Sul do país. As regiões Sul e Norte apresentaram médias de acidentes iguais a do território nacional. A menor média de acidentes foi na região Nordeste (1,2 acidentes/Estado). As regiões Sul, Sudeste, Centro oeste e Nordeste apresentaram como modelo efeito pepita puro (EPP), enquanto que a região Norte apresentou modelo exponencial. O uso de ferramentas de SIG mostrou-se eficiente para o mapeamento dos acidentes com tratores nas regiões brasileiras.

**Palavras-chaves:** Segurança, Prevenção, Georreferenciamento, Mecanização agrícola.

## ACCIDENTS WITH TRACTORS IN THE BRAZILIAN REGIONS

**ABSTRACT:** Accidents at work in rural areas are becoming more frequent, and their identification is necessary so that preventive measures can be implemented. In line with this search, the present work aimed to map accidents with agricultural machines succeeded in Brazil from January 2013 to May 2016, using geoprocessing techniques to make maps. Data were obtained from a compilation of information on accidents occurring in the period. Maps were developed by IDW (Inverse Distance Weighted), allowing the identification of areas with the highest and lowest concentration of accidents. Os dados analisados foram submetidos a uma verificação da dependência espacial das variáveis, pela análise geoestatística, segundo Yamamoto e Landim (2015). The results show a higher concentration of accidents in the southern region of the country. The South and North regions had accident averages equal to the national territory. The lowest average of accidents was in the Northeast region (1.2 accidents / State). The South, Southeast, Midwest and Northeast regions presented as pure nugget effect (EPP) model, while the North region presented exponential model. The use of GIS tools proved to be efficient for the mapping of tractor accidents in the Brazilian regions.

**Keywords:** safety, prevention, georeferencing, agricultural mechanization.

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos pilares da economia do País na atualidade. Segundo dados do levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área plantada é estimada em 61,6 milhões de hectares, com crescimento de 1,2% ou 708,2 mil hectares se comparada à safra 2016/17 (CONAB, 2018).

Com o aumento da área plantada, o trator agrícola é utilizado como a principal fonte de potência nas operações realizadas. As máquinas são utilizadas de forma mais acentuada, mudando definitivamente a trajetória das técnicas de produção e elevando a oferta de produtos agrícolas no mundo (VIAN *et al.*, 2014).

Essa nova fonte de potência traz para a atividade agrícola dois fatores que se comunicam entre si: o homem e a máquina, formando conjunto. Quando esse conjunto homem - máquina não é eficiente, ocorre o acidente. Fernandes *et al.* (2014), acordaram que a variedade de acidentes no meio rural com tratores agrícolas é elevada, e suas consequências são cada vez mais graves. Por conseguinte, a ciência desses acidentes requerem práticas específicas para redução de sua ocorrência bem como de sua gravidade (AMBROSI; MAGGI, 2013).

Ter catalogado o local de ocorrência dos acidentes é de grande importância para o registro da distribuição espacial, procurando identificar as áreas de afluência das ocorrências (SILVA; SOUZA, 2014). Os mesmos autores comentam que a distribuição espacial dos acidentes de trânsito por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) ajuda a caracterizar e minimizar a problemática, pois fornece recursos para uma tomada de decisão.

Os SIGs têm como características a possibilidade de utilização em áreas diversas e a capacidade de análise de criar mapas temáticos, integrando informações diversas, visualizando

amplos cenários, resolvendo, apresentando e propondo soluções para problemas diversos.

Entretanto, no Brasil, poucas pesquisas vêm sendo realizadas no sentido da identificação e espacialização de acidentes com tratores agrícolas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar a espacialização dos acidentes envolvendo tratores agrícolas no Brasil, quantificando e referenciando as ocorrências.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado pelo Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), lotado no Departamento de Engenharia Agrícola (DNA) da Universidade Federal do Ceará (UFC) por meio de banco de dados gerados com notícias de acidentes com tratores ocorridos em todo Brasil, catalogados a partir de mídia eletrônica.

Os dados foram dispostos em planilhas discriminando data, dia da semana, mês, ano, estado e município de ocorrência do acidente. As informações foram selecionadas no período de janeiro de 2013 a maio de 2016, totalizando 890 notícias, sendo 369 notícias na região Sul, 220 na região Sudeste, 132 na região Centro-Oeste, 126 na região Nordeste e 43 na região Norte.

Os dados levantados foram submetidos à estatística descritiva. A normalidade dos dados por meio do coeficiente de simetria e curtose, e quando apresentada normalidade, foram feitas as análises de variância para as médias. Os valores para normalidade de simetria e curtose foram considerados normais os que estiveram dentro do intervalo -3 e 3, ou seja, se adequando a curva de distribuição normal (OLIVEIRA, 2010).

Quando os dados não apresentaram normalidade foi utilizada a Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) para avaliar a variabilidade que ocorreu entre as médias estudadas (MONTGOMERY, 2013).

A dependência espacial das variáveis e interpolação dos dados foi realizada por meio da análise geostatística construindo variogramas partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca e do cálculo da semivariância estimada (YAMAMOTO; LANDIM, 2015).

A determinação do índice de dependência espacial (IDE) foi realizada pela equação  $(Co/Co + C)$ , adaptada por Zimback (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%.

Para a elaboração dos mapas de distribuição dos acidentes no território nacional e o cálculo das variáveis espaciais, foi usado o plano de informações espaciais contendo as divisões de regiões geográficas brasileiras, no

formato *shapefile*, fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016). Em cada mapa obtido, consta a identificação do norte magnético, a legenda das informações presentes no mapa e a escala. A partir daí foram desenvolvidos mapas pelo IDW (Inverse Distance Weighted), que permite identificar áreas de concentração de pontos por meio de mapas de interpolação do inverso da distância com plano de informação espacial contendo a divisão de municípios, estados e regiões do Brasil.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva dos acidentes envolvendo tratores agrícolas nas regiões brasileiras foi observada pela média, desvio padrão, variância, valor mínimo, valor máximo, simetria e curtose, expressos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estatística descritiva básica dos acidentes no território nacional e regiões brasileiras

	Brasil	Região				
		S	SE	CO	NE	N
Média	1,44	1,47	1,37	1,73	1,24	1,48
DP	0,94	1,02	0,79	1,25	0,57	0,99
V	0,89	1,04	0,62	1,56	0,33	0,97
CV	65,51	69,62	57,68	71,83	45,82	66,52
Mín	1	1	1	1	1	0
Máx	11	11	6	7	4	5
SIM	3,85	4,70	2,89	2,21	2,90	2,45
CU	23,63	33,94	10,43	5,29	9,85	6,00

DP: desvio padrão; V: variância, CV: coeficiente de variação, Min: valor mínimo, Max: valor máximo, SIM: simetria e CU: curtose.

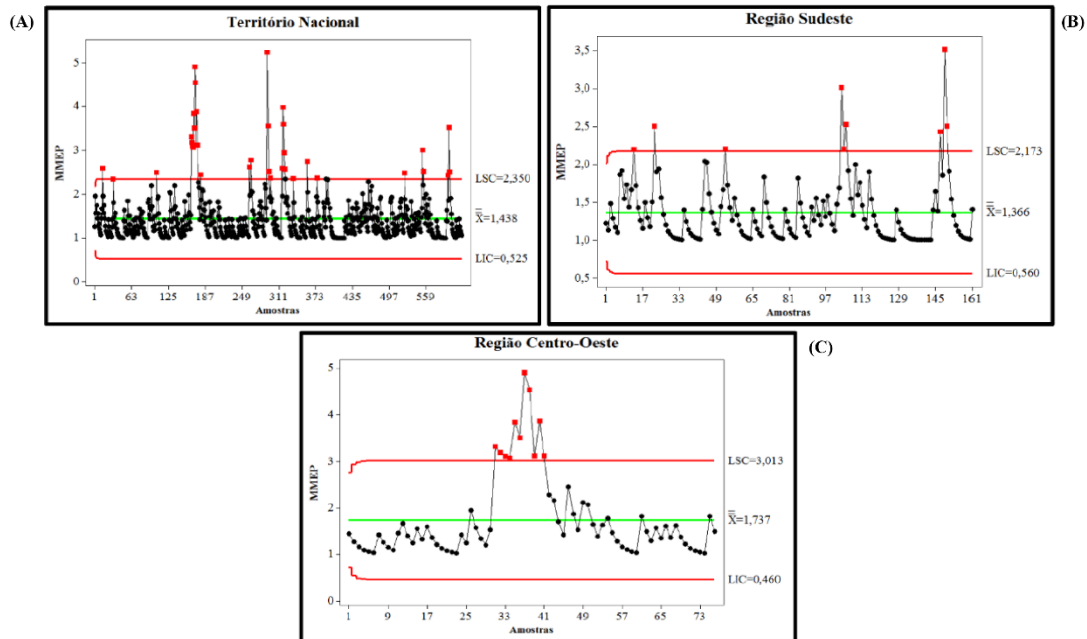
Fonte: Lima (2016)

Os coeficientes de simetria, para maior parte das regiões, encontram-se dentro dos valores estabelecidos (OLIVEIRA, 2010). Os coeficientes de curtose encontram-se dentro dos intervalos de 5,29 a 33,94, onde se considera a não normalidade dos dados avaliados em todas as variáveis.

Usando a MMEP nos dados que não apresentaram normalidade, obtiveram-se os gráficos expressos na Figura 1. Conforme

Montgomery (2013), o processo é considerado instável para o Território Nacional (A) e para as regiões Sudeste (B) e Centro-Oeste (C), mesmo adotando-se a metodologia de Melo (2013), ao considerar o processo estável quando 95% ou mais dos pontos das amostras estão dentro do intervalo de confiança. A mesma ainda relata que, essa metodologia não mascara os dados, pois os 5% retirados não vão influir significativamente na amostragem.

**Figura 1.** Gráficos MMEP dos acidentes: Território Nacional (A), Regiões Sudeste (B) e Centro-Oeste (C)

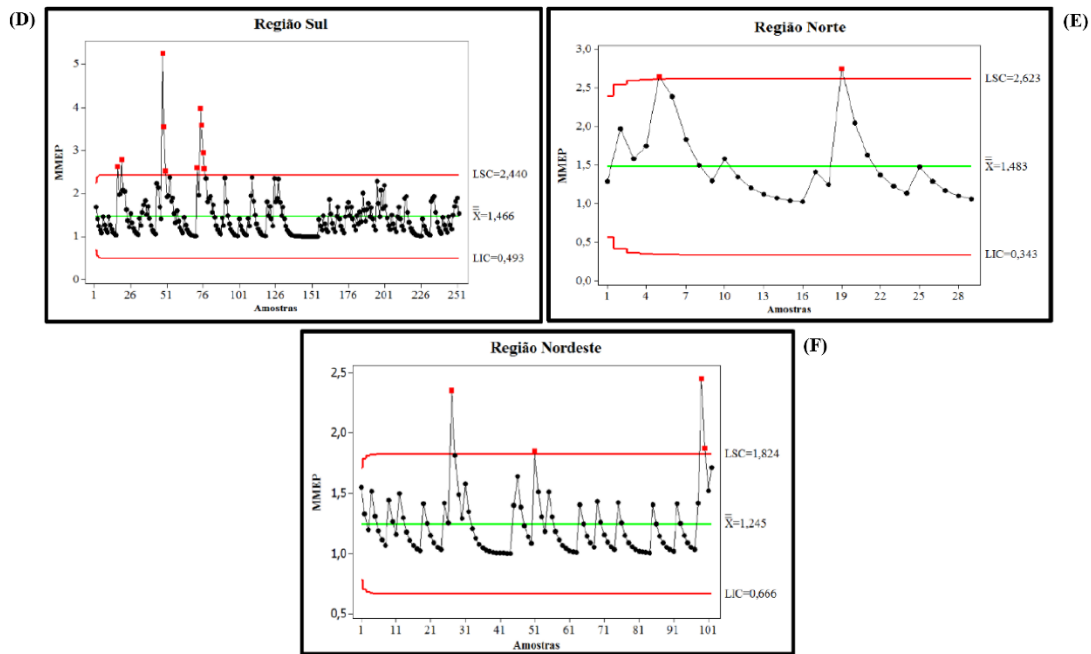


Onde:  $\bar{x}$ : linha central, LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle.

Fonte: Lima (2016)

Os gráficos de MMEP para os acidentes nas regiões Sul (D), Nordeste (E) e Norte (F) conforme Figura 2, estão dentro do intervalo estabelecido por Melo (2013), considerando assim que os dados apresentam processo

estável. Essa estabilidade ocorre possivelmente, por conta dos dados serem ponderais, o que pode dar um equilíbrio aos fatores avaliados, no caso os acidentes.

**Figura 2.** Gráfico MMEP dos acidentes: Regiões Sul (D), Norte (E) e Nordeste (F).

Onde:  $\bar{x}$ : linha central, LSC: limite superior de controle, LIC: limite inferior de controle.

Fonte: Lima (2016)

Na análise dos gráficos da MMEP, usou-se a média do território nacional como referência (1,4 acidentes/Estado) para as médias das demais regiões. As regiões Sul e Norte apresentaram médias semelhantes ao território nacional, indicando que no monitoramento desses acidentes, a variabilidade dos dados é prevista já no processo. Na quantificação dos dados analisados, temos que a região Sul foi a que apresentou maior número de dados de acidentes, e a região Norte a que apresentou menor quantitativo.

A região Centro-Oeste foi a que apresentou maior média relativa ao número de acidentes (1,7 acidentes/Estado). Essa região é considerada o maior polo produtivo do país (IBGE, 2016), onde há maior fluxo de máquinas e, por conseguinte maior exposição dos operadores, ocasionando maior número de acidentes. Esses resultados corroboram com os encontrados por Macedo *et al.* (2016), ao avaliar o número de acidentes ocorridos na região Centro-Oeste.

A região Nordeste foi a que apresentou menor média de acidentes encontrada (1,2 acidentes/Estado), propondo que a região tenha variabilidade de acidentes menor, apesar de ser essa a região que possui mais estados no Brasil, atestando com o levantamento feito por Monteiro (2012) sobre a distribuição geográfica dos acidentes em rodovias federais brasileiras.

A região Sudeste apresentou média de 1,3 acidentes/Estado, que é menor que a média referência. Segundo dados do IBGE (2006), essa região é a segunda maior em número de frota de tratores, e considerando que possui apenas 3 estados, essa média é considerada moderada. Essa moderação pode ter ocorrido por conta do investimento e capacitação que os produtores da região proporcionam a produção e aos operadores.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros estimados pelos semivariogramas para os atributos dos acidentes no território nacional e nas regiões brasileiras para as variáveis: modelo dos semivariogramas, efeito pepita, patamar,

alcance, grau de dependência espacial e coeficiente de determinação.

**Tabela 2.** 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	EPP	-	-	-	-	-
Região S	EPP	-	-	-	-	-
Região SE	EPP	-	-	-	-	-
Região CO	EPP	-	-	-	-	-
Região NE	EPP	-	-	-	-	-
Região N	Exponencial	0,03600	0,13620	59,05	73,6	0,791

Onde: 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 (%); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação múltipla do ajuste (%) e EPP: efeito pepita puro.

Fonte: Lima (2016)

Os atributos avaliados nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, não se ajustaram aos semivariogramas, apresentando como modelo Efeito Pepita Puro (EPP) conforme Tabela 2, no entanto, a região Norte se ajustou ao modelo exponencial. Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes (2015), ao verificar que os atributos avaliados para os acidentes com tratores nas rodovias federais se ajustaram melhor ao semivariograma de modelo exponencial, linear e gaussiano.

De acordo com os dados, é possível avaliar que alguns atributos apresentaram efeito pepita puro que, segundo Yamamoto e Landim (2015), demonstra ausência de dependência espacial, onde a variabilidade é correlacionada à independência das amostras. Para 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 os dados são independentes 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. No alcance (A<sub>0</sub>), os valores variaram de 9,47m, para os atributos Região Sudeste e Região Centro-Oeste, a 59,05 m, para o atributo Região Norte. Esse alcance reflete o grau de homogeneização entre as amostras, ou seja, os pontos localizados em uma área cujo alcance

seja o raio de abrangência, são mais semelhantes entre si do que os separados por distâncias maiores (Yamamoto e Landim, 2015)

Analisando o Índice de Dependência Espacial (IDE) os atributos Brasil, Região Sul, Região Sudeste, Região Centro-Oeste e Região Nordeste analisados apresentaram IDE = 0%. Essas variáveis são independentes espacialmente, conforme Zimback (2001). O atributo Região Norte apontou IDE = 73,6%, sendo caracterizado como variável com moderada dependência espacial (Tabela 2).

Os mapas de interpolação estão discriminados de acordo com as regiões. O modelo utilizado foi o inverso da distância (IDW), em que os valores estimados são combinações lineares dos dados vizinhos com o peso dado pela distância que separa as amostras.

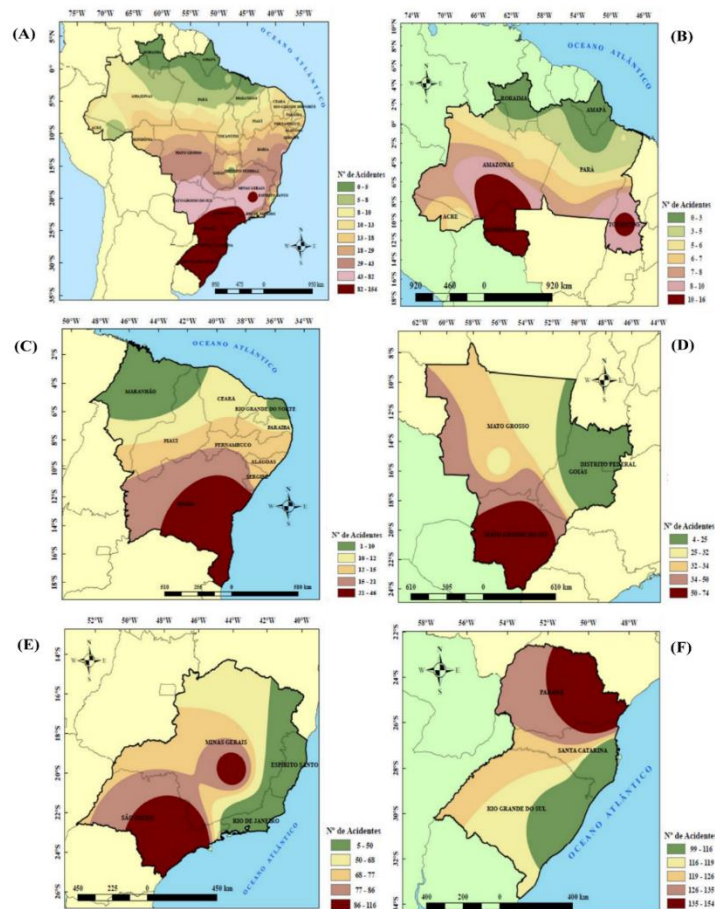
O censo agropecuário do IBGE (2006) discorre que a frota de tratores no território Nacional é de 820.718 máquinas. Esse total é dividido por região da seguinte maneira: na região Sul 347.008 máquinas, na região Sudeste 256.912 máquinas, na região Centro-Oeste 127.486 máquinas, na região Nordeste 62.444 máquinas e na região Norte 26.868 máquinas que são manuseadas nas áreas produtivas do Brasil.

As regiões identificadas com os maiores números de acidentes com tratores coincidem com as que apresentam maior número de máquinas agrícolas, levando-se a crer em

intenso fluxo dessas máquinas nas regiões. Monteiro *et al.* (2013) observaram o mesmo resultado para o quantitativo de acidentes envolvendo máquinas agrícolas nas regiões brasileiras.

Na Figura 3, foram mapeados os acidentes envolvendo tratores agrícolas no Brasil e nas respectivas regiões possibilitando identificar as maiores e as menores concentrações ocorridas nos estados das regiões do País.

**Figura 3.** Mapas de Interpolação – Território Nacional (A), Região Norte (B), Região Nordeste (C), Região Centro-Oeste (D), Região Sudeste (E) e Região Sul (F).



Fonte: Lima (2016)

## 4 CONCLUSÕES

A Região Sul apresentou maior quantitativo de acidentes com tratores agrícolas.

Pela MMEP, a região Centro-Oeste possui maior média de número de acidentes do território nacional e a menor média é na região Nordeste.

As regiões tiveram quantitativo de acidentes correspondente à sua frota de tratores.

A técnica de interpolação do inverso da distância (IDW) permitiu uma descrição do quantitativo visual dos acidentes.

## 5 AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa de estudos, ao Grupo LIMA, pelo apoio e concessão das informações para o estudo e ao Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de conclusão do estudo.

## 6 REFERÊNCIAS

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

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 9. Safra 2017/18 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-178, junho 2018.

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.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** (Produção Agrícola 2016). 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. 2006. IBGE, p.142.

LOPES, J.E. **Mapeamento e caracterização de acidentes envolvendo tratores nas rodovias federais brasileiras que cortam o estado de Minas Gerais**. 2015. 85f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

MACEDO, D. X. S.; MONTEIRO, L. A.; SANTOS, V. C.; COSTA, E.; DUTRA, J. A. C. Acidentes com tratores agrícolas nas rodovias federais no estado de Goiás. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.3, p.223-230, julho-setembro, 2016.

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

MONTEIRO, L. Acidentes com tratores. **Revista agrícola**. São Paulo, Ano II, p. 40-42.Set/Out 2012. Disponível em: <[https://acidentestrator.files.wordpress.com/2013/03/ufc\\_artigo\\_revista-agricola.pdf](https://acidentestrator.files.wordpress.com/2013/03/ufc_artigo_revista-agricola.pdf)>. Acesso em: 05.set.2018.

MONTEIRO, L.; ALBIEIRO, D. **Segurança na operação com máquinas agrícolas**. 1ªEd. Fortaleza: Editora Universitária, 2013, 126p. Disponível em: <[http://www.lima.ufc.br/arquivos\\_pdf/20160107203722.pdf](http://www.lima.ufc.br/arquivos_pdf/20160107203722.pdf)>. Acesso em: 05.set.2018.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied statistics and probability for engineers** 3rd ed. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. 976 p. 2013.

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



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. Anais.2014, v. 1, p.1-11, Ed: SBC - RJ.

VIAN, C. E. de F.; ANDRADE JÚNIOR, A.; BARICELO, L. G.; SILVA, R. P. da. Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. **RESR**, Piracicaba – SP, Vol. 51, nº4, p. 719-744. 2014.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações.** São Paulo: Oficina de textos. Online Book, 2015. 215 p.

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 Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.