

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AMBIENTAL

CAMPUS LONDRINA

TAMARA GARCIA PINHO

**“PRIMAVERA SILENCIOSA” ESTUDO ESTATÍSTICO DA RELAÇÃO
ENTRE O VOLUME DE AGROTÓXICOS COMERCIALIZADOS E O
AUMENTO DO APARECIMENTO DE TUMORES CANCERÍGENOS NO
ESTADO DO PARANÁ.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2019

TAMARA GARCIA PINHO

**“PRIMAVERA SILENCIOSA” ESTUDO ESTATÍSTICO DA RELAÇÃO
ENTRE O VOLUME DE AGROTÓXICOS COMERCIALIZADOS E O
AUMENTO DO APARECIMENTO DE TUMORES CANCERÍGENOS NO
ESTADO DO PARANÁ.**

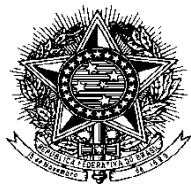
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Londrina*, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp

Coorientador: Prof. Dr. Joelmir André Borssoi

LONDRINA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

“Primavera Silenciosa” estudo estatístico da relação entre o volume e agrotóxico comercializados e o aumento do aparecimento de tumores cancerígenos no estado do Paraná

Por

Tamara Garcia Pinho

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 08 de Julho de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho

_____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Msc. Adriana Zemiani
(UTFPR)

Prof. Dr. Rafael Montanhini
(UTFPR)

Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp
(UTFPR)
Orientador

Prof. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

Dedico este trabalho á minha mãe Sênia
e a todos que passaram por esta doença e
venceram e aos que batalharam até o fim
contra ela.

AGRADECIMENTOS

Ao longo de toda minha graduação mantive o foco e a determinação por virtude da minha fé e a fé que as pessoas depositaram em mim. Acredito que Deus me ajudou nesta caminhada colocando pessoas ao qual eu pudesse contar e compartilhar momentos e sentimentos ao qual me deram força para chegar até aqui.

Agradeço a minha família por me apoiar em todos os momentos, especialmente a minha mãe que em inúmeras vezes não mediu esforços para minha formação, meus irmãos e tia

. Aos meus amigos que compreenderam sempre a minha ausência. Ao meu namorado Thiago Higuchi pela parceria e amor e a sua família.

Agradeço especialmente ao “Os de sempre, são para sempre”, Claudia e Marina. Aos amigos Adriana e Jorge por toda ajuda e abrigo. A minha “amigla” Liliam a todos ensinamentos e momentos de muita alegria e gratidão. Aos meus amigos de Londrina, Vanessa, Julio e Audrey, que percorreram a árdua trajetória da graduação ao meu lado. A minha grande incentivadora Iara da Silva, que sempre teve conselhos sábios e inteligentes para este trabalho e para minha vida acadêmica.

A empresa Equipa Bares ao qual me deu a oportunidade de trabalhar nas minhas férias e poder financiar meus estudos e também conhecer pessoas as quais criei laços de amizade, especialmente Alana, Aline, Daiana e Grace.

Por fim agradeço a todos meus colegas e professores que estiveram nesta caminhada, especialmente meu orientador Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp e coorientador Prof. Dr. Joelmir André Borssoi por toda dedicação para fomentar este trabalho.

RESUMO

Pinho, T. G.. “PRIMAVERA SILENCIOSA” ESTUDO ESTATÍSTICO DA RELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE AGROTÓXICOS COMERCIALIZADOS E O AUMENTO DO APARECIMENTO DE TUMORES CANCERÍGENOS NO ESTADO DO PARANÁ. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

A escritora Rachel Carson, em 1962 evidenciou ao mundo os efeitos nocivos do uso indiscriminado de agrotóxicos na natureza, como as alterações celulares em animais e plantas. Passado os anos o cenário atual remete a esta obra, sendo o Brasil um dos maiores consumidores de agrotóxico mundiais e o Paraná o segundo estado com maior volume comercializado. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo principal estudar a relação do volume comercializado (ADAPAR) e a ocorrência de tumores (INCA) no período de 2013-2017 no Paraná. Foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis Volume comercializado e Número de ocorrências de tumores para cada ano citado. Também foram gerados mapas temáticos usando métodos da Geoestatística, com o objetivo de verificar se regiões com maior volume comercializado também apresentavam elevada ocorrência de tumores. Pelas análises realizadas, ficou evidente a grande dispersão dos dados das variáveis, assim como identificou-se algumas inconsistências, como cidades que apresentaram metade dos habitantes com tumores. Analisando ano a ano, não foi identificada correlação significativa entre as variáveis Volume comercializado e Número de ocorrências de tumores, porém, considerando a soma dos valores obtidos por ano, há uma correlação linear igual a 0,55.

Palavras-chave: Agrotóxicos, Tumores cancerígenos, saúde

ABSTRACT

Pinho, T. G.. "SILENT SPRING". **STATISTICAL STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN VOLUME OF MARKET AGRICULTURE AND INCREASE IN THE APPEARANCE OF CANCERIGENIC TUMORS IN THE STATE OF PARANÁ**. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

Writer Rachel Carson in 1962 exposed the world to the harmful effects of the indiscriminate use of pesticides in nature, such as cellular alterations in animals and plants. Over the years, the current scene has referred to this work, with Brazil being one of the largest consumers of agro-toxic products in the world, and Paraná is the second largest state in the world. Therefore, the main objective of this study was to study the relationship between the commercial volume (ADAPAR) and the occurrence of tumors (INCA) in the period of 2013-2017 in Paraná. A correlation analysis was performed between the variables Volume marketed and Number of tumor occurrences for each year cited. Thematic maps were also generated using Geostatistics methods, in order to verify if regions with higher commercial volume also had high occurrence of tumors. From the analysis made, it was evident the great dispersion of the data of the variables, as well as some inconsistencies were identified, such as cities that presented half of the inhabitants with tumors. Analyzing year after year, no significant correlation was found between the variables marketed volume and number of occurrences of tumors, however, considering the sum of the values obtained per year, there is a linear correlation equal to 0.55.

Keywords: Agrochemicals, Cancerous tumors, health

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Mapa do uso de agrotóxicos por estabelecimentos agrícolas no Brasil	15
FIGURA 2- Vendas por classes de ingrediente ativo.....	16
FIGURA 3- Consumo de agrotóxicos por hectare nos municípios do Paraná.....	17
FIGURA 4- Mapa de casos de intoxicação por sexo no Brasil	21
FIGURA 5- Localização da área de estudo	28
FIGURA 6- Dados dos agrotóxicos	29
FIGURA 7- Dados de saúde.....	30
FIGURA 8- Tabulação de dados da saúde	31
FIGURA 9- Dados de georreferenciados	32
FIGURA10- Relação entre a covariância espacial $C(h)$ e a semivariância $\gamma(h)$	34
FIGURA11- Gráficos Box plot da variável Volume comercializado para os anos 2013 à 2017.....	45
FIGURA12- Gráficos Box plot da variável Volume comercializado para os anos 2013 à 2016.....	46
FIGURA13- Diagramas de dispersão entre as variáveis Volume comercializado e Número de casos para os anos 2013 à 2016.....	47
FIGURA14- Diagramas de dispersão entre as variáveis Volume comercializado e Número de casos, para os anos 2013 à 2016.....	47
FIGURA15- Mapas temáticos para a variável Volume comercializado, para os anos 2013 e 2015	49
FIGURA16- Mapas temáticos para as variáveis Volume comercializado (esquerda) e Número de casos(direita), para o ano 2016.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Estatísticas descritivas para a variável Volume comercializado, de 2013 à 2017... ..	41
TABELA 2 - Estatísticas descritivas para a variável Número de casos, de 2013 à 2017	41
TABELA 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre Volume comercializado e do Número de casos, de 2013 à 2016.....	44

1. INTRODUÇÃO	SUMÁRIO	10
2. OBJETIVOS		12
OBJETIVO GERAL		12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		12
3. REFERENCIAL TEÓRICO		13
A INSPIRAÇÃO DESSE TRABALHO		13
A INTRODUÇÃO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA AGRICULTURA		14
O MERCADO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL		14
TIPOS NO BRASIL		16
O CONSUMO DE AGROTÓXICOS NO PARANA		16
A RELAÇÃO ENTRE O USO DE EXCESSIVO DO AGROTÓXICO E O APARECIMENTO DE DOENÇAS NO BRASIL		19
A RELAÇÃO DO USO DOS AGROTÓXICOS E OS IMPACTOS À SAÚDE NO BRASIL		20
3.4.1.2 EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA		23
IMPACTOS AMBIENTAIS DO USO DE AGROTÓXICOS		24
O QUE VERSA A LEGISLAÇÃO		26
LEGISLAÇÃO FEDERAL		26
LEGISLAÇÃO ESTADUAL		27
3.6. 3PROJETO DE LEI 6.999 DE 2016		27
4. MATERIAIS E MÉTODOS		29
LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO		29
DADOS DOS AGROTÓXICOS		30
DADOS DA SAÚDE		31
DADOS GEORREFERENCIADOS		32
ORGANIZAÇÃO DOS DADOS		33
ESTUDO ESTATÍSTICO		33
A TEORIA DAS VARIÁVEIS REGIONALIZADAS		34
VARIÁVEIS REGIONALIZADAS		35
MODELOS ESPACIAIS LINEARES		35
PARÂMETROS DO SEMIVARIOGRAMA		36
MODELOS TEÓRICOS DE SEMIVARIOGRAMA, FUNÇÕES DE COVARIÂNCIA E DE CORRELAÇÃO		37
ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS		38
ESTIMADOR DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA – MV		38
KRIGAGEM		39
CRITÉRIO DE AKAIKE		40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES		44
6. CONCLUSÕES		50
REFERÊNCIAS		51

1 INTRODUÇÃO

A bióloga e escritora Rachel Carson em seu livro “Primavera Silenciosa” (1962) aborda o tema do uso indiscriminado do DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) nos Estados Unidos, relatando as principais consequências que em grande parte, são danosas ao meio ambiente e à população, que ainda são evidenciados na atualidade. Em sua obra é declarada que a situação da natureza como um todo acaba sendo prejudicada pelo uso exagerado de defensivos agrícolas. A temática do livro “Primavera Silenciosa” refere-se a mortandade de animais que se alimentam dessas culturas, além do óbito, ocorre também graves alterações genéticas, tanto morfológicas como celulares.

Os efeitos do uso excessivo de agrotóxico relacionados à saúde, tem sido o foco de estudo por profissionais da área da saúde, apesar de ser inúmeros fatores que envolvem direta e indiretamente os resultados de exposição aos defensivos, foram encontrados tais substâncias até mesmo no leite materno, corrente sanguínea, além de diagnósticos ligados a estas ocorrências de tumores cancerígenos e mutações cromossômicas.

Mundialmente os agrotóxicos foram inseridos após a Segunda Guerra Mundial. Nos anos 50, os agrotóxicos, juntamente com os fertilizantes e as máquinas agrícolas, foram os propulsores da chamada “Revolução Verde”. Era a chegada impactante da tecnologia à produção agrícola que prometia acabar com a fome no mundo. Ainda nesta época os países que tinham a agricultura como principal base de sustentação econômica, como o Brasil, foram fortemente pressionados por organismos financiadores internacionais para adquirirem essas substâncias; mas foi a partir dos anos 70, que a utilização dos agrotóxicos ocorreu em larga escala, especialmente no Sul, nas monoculturas de soja, trigo e arroz (Lucchesi, 2005).

Nessa esteira, podemos destacar o estado do Paraná, que atualmente é um dos principais estados produtores de alimentos e grãos do Brasil, sendo considerado como vanguarda na adoção de tecnologias, dentre elas o intensivo uso de agrotóxicos, que contribuem de forma determinante para o alto índice de produtividade dos mais diversos cultivos (BARBOSA, LUIZ 2014). O Paraná figura entre os estados com

maiores volumes de vendas de agrotóxicos, casos de intoxicações têm sido cada vez mais relatados no estado, principalmente entre as pessoas que os manipulam, a presença de resíduos de agrotóxicos na água, nos solos e principal em alimentos são constantemente divulgados por estudos da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná (IBGE, 2001, p 11) e demais instituições.

O uso de agrotóxicos no Brasil é regulado por uma lei - Lei nº 7.802, de 1989, contudo, essa lei foi revogada em 2018 por um projeto-lei idealizado pelo deputado federal Luiz Nishimori. O projeto-lei prevê a liberação de determinados agrotóxicos pelo Ministério da Agricultura não deixando claro qual o poder de atuação de órgãos como o IBAMA e ANVISA em relação ao uso. Pode-se dizer então, que as alterações na lei de certo modo passaram a flexibilizar as regras de produção, comercialização e distribuição de agrotóxicos (IBAMA, 2016). Entre os principais problemas, está a abertura para a possibilidade de registro de substâncias que tenham características teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas, ou provoquem distúrbios hormonais e danos ao sistema reprodutivo. O Brasil completa em 2018 seu décimo ano na liderança do ranking de maior consumidor de agrotóxicos do planeta. Todos os anos, são utilizados 7,3 litros de veneno para cada um dos habitantes do País, volume que, em 2017, resultou em 11 registros de intoxicação por exposição a agrotóxicos por dia (Abrasco, 2017).

Deflagrando a importância ao estudo dessas substâncias em proteção à saúde humana, para que haja uma informatização que sirva como base para mitigar ocorrência de doenças pela utilização dos mesmos sem consciência.

Este trabalho procura retratar de uma forma didática a problemática do uso dos agrotóxicos no estado do Paraná, nos anos 2013 à 2017, tal data foi estipulada, por ser somente fornecidos dados até o ano 2017, relacionando os casos de tumores ocorrentes para que possa ter um acervo atualizado do uso e suas consequências para a vida humana.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

É sabido que o uso indiscriminado de agrotóxicos aumenta a incidência da doença (aparecimento de tumores), portanto, o presente trabalho teve por objetivo, representar através da cartografia temática a relação ao uso quantitativo de agrotóxicos no Paraná, nos anos 2013 à 2017 como casos de aparecimento de tumor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consultar bibliografias sobre a problemática do uso indiscriminado de agrotóxicos;
- Elencar a legislação vigente sobre o uso dos defensivos;
- Levantar dos dados sobre o uso de agrotóxicos no estado do Paraná, SIAGRO (Software Integrado do Agronegócio) e plataforma online do INCA (Instituto Nacional de Câncer) com o banco de dados Web IntegradorRHC;
- Comparar o uso de defensivos agrícolas no período de cinco anos, com os casos doença junto plataforma online do INCA (Instituto Nacional de Câncer) com o banco de dados Web IntegradorRHC;
- Analisar os dados levantados geoestatisticamente no software livre R;
- Confeccionar mapas a partir dos dados levantados geoestatisticamente no software livre R que apontem as áreas correlacionadas com uso de agrotóxico e o aparecimento de tumores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A INSPIRAÇÃO DESSE TRABALHO

O livro *SILENT SPRING* – “Primavera Silenciosa,” de Rachel Carson, cientista e ecologista americana, lançado em 1962, apresenta um questionamento, nos Estados Unidos, do modelo agrícola convencional e sua crescente dependência do petróleo como matriz energética. Ao tratar do uso indiscriminado de substâncias tóxicas na agricultura, alertava para a crescente perda da qualidade de vida produzida pelo uso indiscriminado e excessivo dos produtos químicos e os efeitos dessa utilização sobre os recursos ambientais (Martell, 1994; Dobson, 1994).

A contribuição deste livro foi em relação à necessidade da sociedade se preocupar com problemas de conservação de recursos naturais, o que já era objeto de muitos outros trabalhos que, desde o século XIX, inspiraram políticas públicas conservacionistas adotadas pelos Estados Unidos no início do século XX (McCormick, 1992).

Mostra-se oportuno demonstrar uma passagem da obra *Primavera Silenciosa* de que, há mais de 40 anos, alertou o mundo sobre o Risco do DDT:

”Pela primeira vez na história do mundo cada um dos seres humanos está agora sujeito a entrar em contato com substâncias químicas perigosas, desde o momento em que é concebido até o instante que sua morte ocorre. Em menos de dois decênios de usoos pesticidas sintéticos foram tão intensamente distribuídos pelo mundo – seja pelo mundo animado seja pelo mundo inanimado – que eles aparecem virtualmente por toda a parte. Tais pesticidas foram encontrados e retirados da maior parte dos grandes sistemas pluviais, e até mesmo de cursos de água que fluem sem ser vistos por nós, através da terra, por via subterrânea. Os resíduos das referidas substâncias químicas permanecem no solo ao qual tenham sido aplicadas uma dúzia de anos antes. Elas entraram e alojaram-se no corpo dos peixes, dos pássaros, répteis, animais domésticos e dos

animais selvagens; e o fizeram tão universalmente que os cientistas que efetuam experiências em animais verificaram que se torna quase impossível localizar exemplares que sejam de todos livres de semelhante contaminação. Estas substâncias foram encontradas até em peixes de remotos lagos existentes em topos de montanhas - Em minhocas que perfuram o solo-nos ovos dos pássaros, e no próprio homem. E isso porque as mencionadas substâncias químicas estão agora armazenadas no corpo da vasta maioria de seres humanos, independentemente de sua idade, elas aparecem no leite das mães, e com toda a probabilidade nos tecidos dos bebês ainda não nascidos (Carson, Rachel 1962)”.

O interessante é que, apesar de já ser conhecida como escritora e pesquisadora, quando publicou “Primavera Silenciosa”, Carson foi alvo de inúmeras reações contrárias, principalmente das indústrias químicas, que tentaram de todas as formas, até utilizando campanhas de publicidade –atacar a sua credibilidade como cientista.

A INTRODUÇÃO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA AGRICULTURA

Os agrotóxicos começaram a se popularizar em plena segunda guerra mundial, quando o mundo conheceu uma revolução no que diz respeito ao controle de pragas na agricultura,

o Dicloro-Difenil-Tricloroetano DDT. Esse produto ficou rotulado como de baixo custo e eficiente, o que muito ajudou que se fosse amplamente utilizado antes que seus efeitos nocivos tivessem sido totalmente pesquisados. O grande sucesso desse produto no combate às pragas fez com que novos compostos orgânicos sintéticos fossem produzidos, fortalecendo a grande indústria de agroquímicos presente nos dias de hoje.

O crescimento do uso desses insumos químicos somados a um processo de desenvolvimento e difusão de variedades modernas com elevada capacidade de aproveitamento desses produtos ficou conhecido como a “Revolução Verde” (Bull & Hathaway, 1986).

Na década de 70 as indústrias europeias de defensivos começaram a se

instalarem no Brasil, pois em seus países algumas substâncias foram proibidas, em decorrência a pressão da sociedade. Neste cenário o Brasil sendo um grande exportador de produtos agrícolas começou a utilizar desenfreadamente chegando ao título de maior usuário de agrotóxicos do mundo em 2008 (Fiorucci, 2008).

O MERCADO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

O mercado brasileiro de agrotóxicos expandiu rapidamente na última década (190%), num ritmo de crescimento maior que o dobro do apresentado pelo mercado global(93%), o que coloca o Brasil em primeiro lugar no ranking mundial, desde 2008. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), na safra 2010/2011, o consumo foi de 936 mil toneladas, movimentando US\$ 8,5 bilhões entre dez empresas que controlam 75% deste mercado no país (R. M. Rigotto, 2014).

No Figura 2 estão distribuídos todos os estabelecimentos agrícolas por região de preferência relacionados ao uso de agrotóxicos, onde podemos analisar que os estabelecimentos dos municípios do Paraná utilizam mais de 50% de agrotóxico, algumas áreas chegando entre 70,08 – 100% de uso de agrotóxico no comércio.

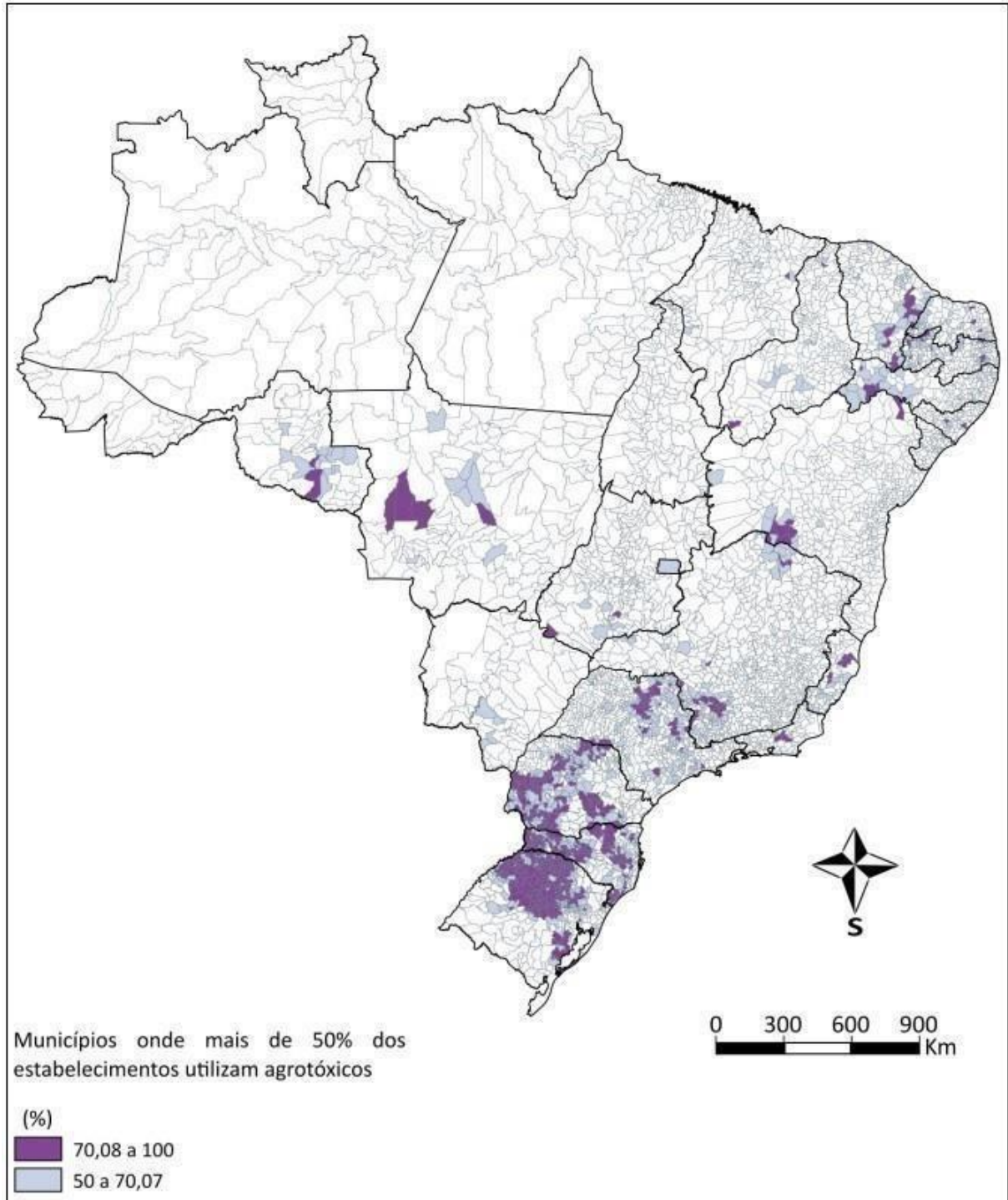


Figura 1: Mapa do uso de agrotóxicos por estabelecimentos agrícolas no Brasil

Fonte: Bombardi, LARISSA (2018).

TIPOS NO BRASIL

No início de 2019, o Brasil através do Ministério da Agricultura aprovou o registro de agrotóxicos de elevada toxicidade. Foram registrados cerca de 450 agrotóxicos. Desses, apenas 52 apresentam baixa toxicidade. A ANVISA manifestou que agrotóxicos banidos em países como China, Estados Unidos e países da União Europeia têm atualmente como principal destino o Brasil. Aqui são usados pelo menos dez produtos banidos nesses países.

Veja quais são os principais agrotóxicos comercializados no Brasil, de acordo com dados do IBAMA (2017):

Vendas por Classes de Usos dos Produtos Formulados – 2017			
Unidade de medida = toneladas de ingrediente ativo (IA)			
	Classe de Uso	Qtde. (ton. IA)	Perc. (%)
1	Herbicida	315.573,38	58,45%
2	Fungicida	65.114,91	12,06%
3	Inseticida	54.544,00	10,10%
4	Inseticida, acaricida	34.369,41	6,37%
5	Acaricida, Fungicida	25.437,24	4,71%
6	Adjuvante	21.301,82	3,95%
7	Acaricida	7.931,86	1,47%
8	Espalhante	3.799,63	0,70%
9	Inseticida, Acaricida, Fungicida	2.778,99	0,51%
10	Inseticida, Acaricida, Adjuvante	2.196,72	0,41%
11	Regulador de Crescimento	2.112,01	0,39%
12	Inseticida, Fungicida	1.300,87	0,24%
13	Fungicida, Bactericida	1.014,43	0,19%
14	Inseticida, Cupinicida	775,78	0,14%
15	Adjuvante, Inseticida	579,44	0,11%
16	Inseticida, Nematicida	546,84	0,10%
17	Fungicida, Formicida, Herbicida, Inseticida, Nematicida	391,65	0,07%
18	Protetor de Sementes	126,35	0,02%
19	Formicida	25,32	0,00%
20	Formicida, Inseticida	24,19	0,00%
21	Moluscicida	0,11	0,00%
	TOTAL	539.944,95	100,00%

Figura 2: Vendas por classes de ingrediente ativo

Fonte: IBAMA (2017).

Na tabela podemos observar o grande volume de herbicidas comercializados no Brasil, uma vez que liberação do cultivo a partir de sementes transgênicas e sua difusão nas áreas agricultáveis aumentaram seu consumo, sendo responsáveis por

58,45% do volume consumido, seguidos pelos fungicidas (12%) e inseticidas (10%).

O CONSUMO DE AGROTÓXICOS NO PARANÁ

O estado do Paraná está entre os estados que mais utilizam agrotóxicos perdendo somente para Mato Grosso (MT) que somam mais de 50% dos seus municípios. No estado do Paraná as concentrações estão distribuídas nas regiões Norte e Sudoeste, como mostra na figura

3

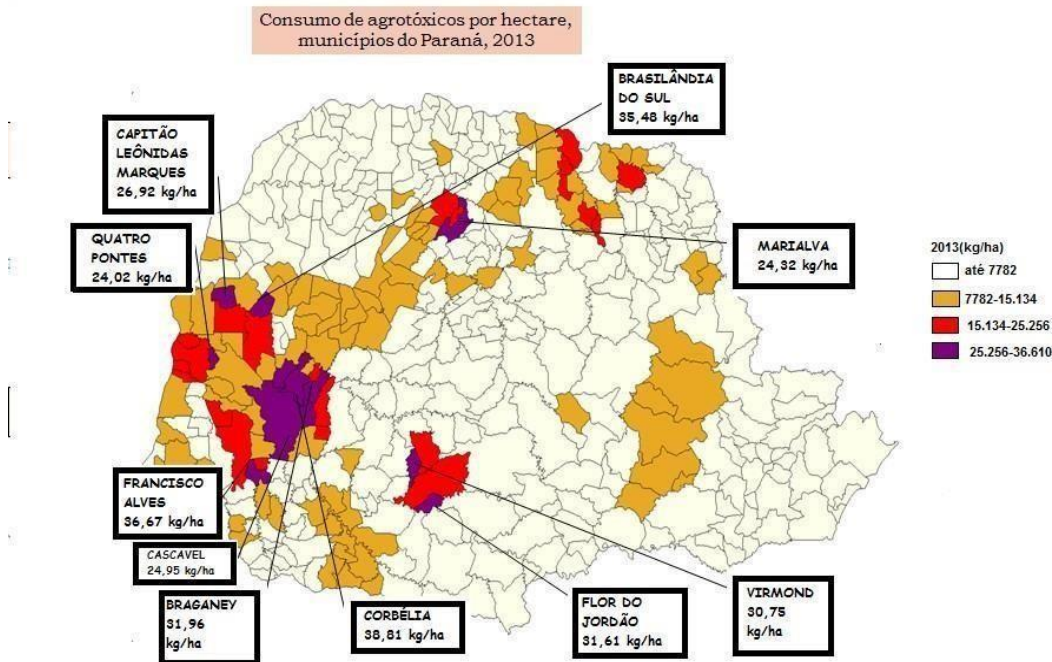


Figura 3: Consumo de agrotóxicos por hectare nos municípios do Paraná.

Fonte: Bombardi, LARISSA (2018).

Os dados encontrados são de 2013 mas já indicam que a cidade de Francisco Alves na região oeste do estado, se destaca na utilização de agrotóxico por hectare. Os demais municípios como Brasilândia do Sul, Virmond, Braganey, Corbélia, Capitão Leônidas Marques e Flor do Jordão acompanham os números de 25.256 á 36.610 (kg/ha). Sendo estes municípios grandes produtores rurais.

A RELAÇÃO ENTRE O USO DE EXCESSIVO DO AGROTÓXICO E O APARECIMENTO DE DOENÇAS NO BRASIL

As primeiras informações sobre problemas de saúde causados por agrotóxicos no Brasil datam de 1950, quando foram constatados na região de Presidente Prudente, pelo Instituto Biológico da Secretaria estadual de Agricultura, casos de

doenças em agricultores de algodão (Planet, 1950). Para a população em geral, a questão não se mostra preocupante, em virtude do maior controle na estocagem de produtos e dos programas de fiscalização e controle dos resíduos.

Nas décadas de 70 e 80, estados como Paraná e Rio Grande do Sul passaram a identificar problemas ambientais e de saúde causados por agrotóxicos, indicando a utilização cada vez maior desses produtos nas principais regiões de produção agrícola do país (Siqueira et al., 1983). Com a implantação, a partir dos anos 80, dos Centros de Controle de Intoxicações em vários estados brasileiros, as notificações de agravos causados pelos agrotóxicos passaram a ser mais sistematizadas, constituindo o Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (Sinitox), coordenado pela Fundação Oswaldo Cruz do Ministério da Saúde, que consolida dados gerados por diversos estados e publica anualmente estatísticas de casos de intoxicação no país.

Em março de 2015 a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) publicou a Monografia da IARC volume 112, na qual, após a avaliação da carcinogenicidade de cinco ingredientes ativos de agrotóxicos por uma equipe de pesquisadores de 11 países, incluindo o Brasil, classificou o herbicida glifosato e os inseticidas malationa e diazinona como prováveis agentes carcinogênicos para humanos e os inseticidas tetraclorvinfós e parationa como possíveis agentes carcinogênicos para humanos.

Destaca-se que a malationa e a diazinona e o glifosato são autorizados e amplamente usados no Brasil, como inseticidas em campanhas de saúde pública para o controle de vetores e na agricultura, respectivamente. Além dos efeitos tóxicos evidentes descritos na literatura científica nacional e internacional, as ações para o enfrentamento do uso dos agrotóxicos têm como base o Direito Humano à Alimentação Adequada – DHAA (previsto nos artigos 6º e 227º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988), a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Decreto nº 7.272, de 25/08/2010), a Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta - PNSIPCF (Portaria nº 2.866 de 02/12/2011), a Política Nacional de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora (Portaria nº 1.823, de 23/08/2012) e a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica - PNAPO (Decreto nº 7.794, de 20/08/2012) (INCA,2015).

A RELAÇÃO DO USO DOS AGROTÓXICOS E OS IMPACTOS À SAÚDE PÚBLICA NO BRASIL

Os agrotóxicos já trouxeram benefícios à saúde, principalmente nas décadas de 50 e 60, quando se combateram em diversos países epidemias causadas por doenças tropicais, como, por exemplo, a campanha mundial de saúde pública de 1955 na tentativa de erradicação da malária. Segundo Bull & Hathaway (1996), estima-se que, até 1970, algo em torno de 2 bilhões de casos de malária tenham sido prevenidos pela campanha da OMS, salvando cerca de 15 milhões de vidas.

O modelo de cultivo com o intensivo uso de agrotóxicos gera grandes malefícios, como poluição ambiental e intoxicação de trabalhadores e da população em geral. As intoxicações agudas por agrotóxicos são as mais conhecidas e afetam, principalmente, as pessoas expostas em seu ambiente de trabalho (exposição ocupacional). São caracterizadas por efeitos como irritação da pele e olhos, coceira, cólicas, vômitos, diarreias, espasmos, dificuldades respiratórias, convulsões e morte. Já as intoxicações crônicas podem afetar toda a população, pois são decorrentes da exposição múltipla aos agrotóxicos, isto é, da presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos e no ambiente, geralmente em doses baixas.

Os efeitos adversos decorrentes da exposição crônica aos agrotóxicos podem aparecer muito tempo após a exposição, dificultando a correlação com o agente. Dentre os efeitos associados à exposição crônica a ingredientes ativos de agrotóxicos podem ser citados infertilidade, impotência, abortos, malformações, neurotoxicidade, desregulação hormonal, efeitos sobre o sistema imunológico e câncer.(DA SILVA, 2015).

O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos (PARA) da Anvisa revelaram amostras com resíduos de agrotóxicos em quantidades acima do limite máximo permitido e com a presença de substâncias químicas não autorizadas para o alimento pesquisado. Além disso, também constataram a existência de agrotóxicos em processo de banimento pela Anvisa ou que nunca tiveram registro no Brasil. Vale ressaltar que a presença de resíduos de agrotóxicos não ocorre apenas em alimentos in natura, mas também em muitos produtos alimentícios processados pela indústria, como biscoitos, salgadinhos, pães, cereais matinais, lasanhas, pizzas e outros que têm como ingredientes o trigo, o milho e a soja, por exemplo. Ainda podem estar presentes nas carnes e leites de animais que se alimentam de ração com traços de

agrotóxicos, devido ao processo de bioacumulação. Portanto, a preocupação com os agrotóxicos não pode significar a redução do consumo de frutas, legumes e verduras, que são alimentos fundamentais em uma alimentação saudável e de grande importância na prevenção do câncer. (INCA, 2015)

De acordo com Rangel, Et al (2011) depois da exposição ocupacional as principais fontes de exposição humana aos agrotóxicos são as ambientais, uma vez que estes produtos têm a capacidade de acumular-se no ar, água e solo, podendo, portanto, ter potencial de causar danos no decorrer do tempo.

Desta forma, pessoas podem estar expostas a níveis excessivos de agrotóxicos durante o trabalho e por meio da alimentação, contato com solos, água ou ar. Além destas vias de contaminação Rangel, Et al (2011) destacam ainda que podem ocorrer contaminação das águas subterrâneas, lagos, rios e outros corpos de água, além de peixes e outras fontes de suprimentos vitais para o bem estar humano.

No Brasil o número de casos de intoxicações no período de 2007 a 2014 por sexo, estão distribuídos por unidades da federação estão relacionados na Figura 3.

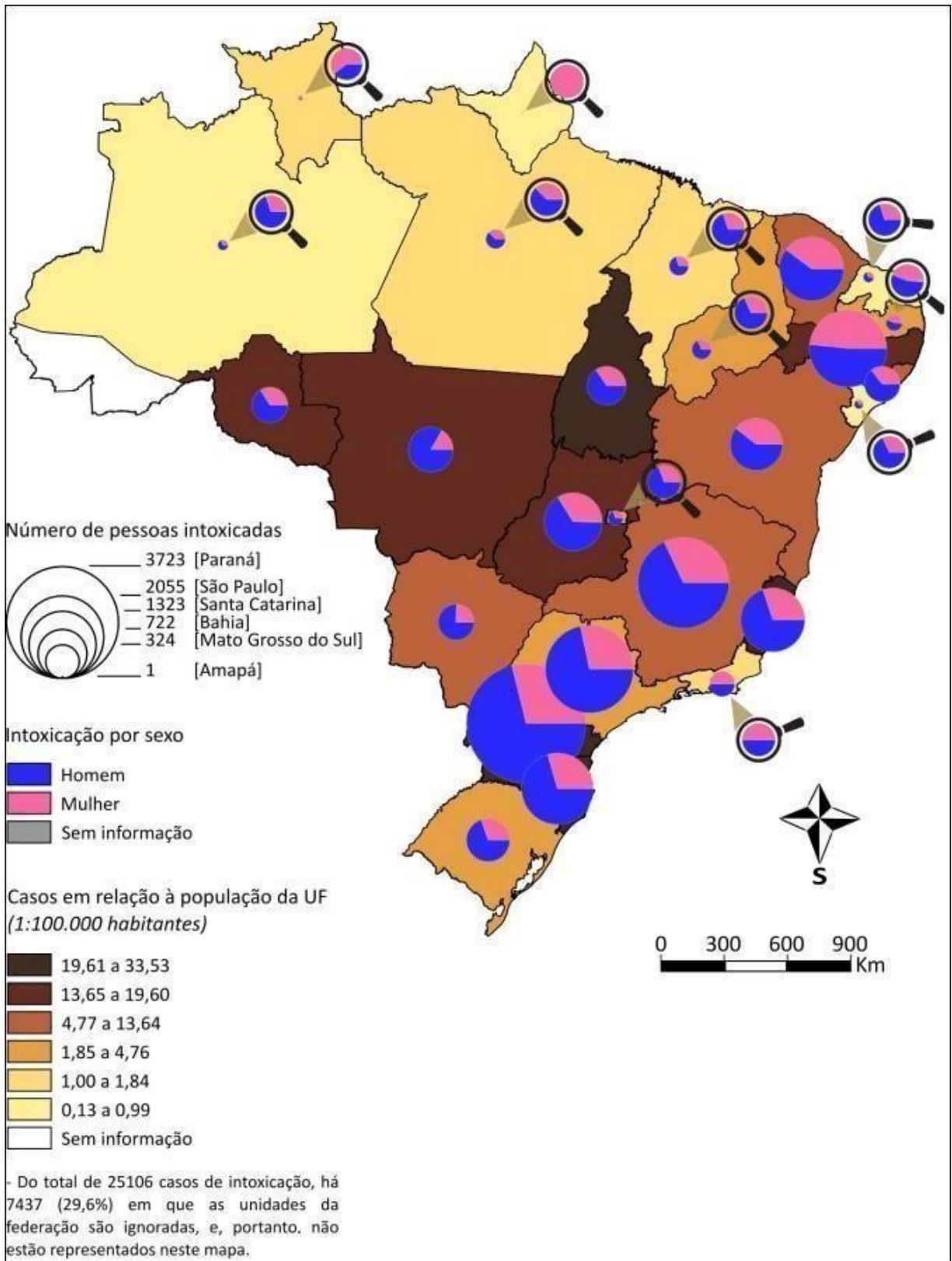


Figura 4: Mapa de casos de intoxicação por sexo no Brasil.

Fonte: Bombardi, LARISSA (2018).

Peres e Moreira (2007), em seu estudo sobre saúde e ambiente e a relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do estado do Rio de Janeiro citam que de acordo com o Sistema Nacional de Informações Tóxico-farmacológicas (SINITOX), dentre os 530 óbitos registrados no ano de 2003 pelos Centros de Controle de Intoxicações, os agrotóxicos de uso agrícola foram responsáveis por mais de 30% das causas do total de óbitos e ainda que, para pessoas do sexo masculino, estes agentes químicos representam 40% do total de óbitos registrados.

Conforme o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional:

”O uso disseminado e intensivo de agrotóxicos não afeta apenas a saúde da população, mas o próprio meio ambiente: de acordo com o IBAMA, 88% dos venenos comercializados no Brasil em 2009 são perigosos, muito perigosos ou altamente perigosos. Apenas 12% foram considerados ‘pouco perigosos’. Os reflexos disso são evidências sobre culturas sensíveis ao uso de algumas substâncias químicas, e na contaminação do solo, do ar (e consequentemente da água da chuva), das nascentes e dos aquíferos. (CONSEA, 2010, p.46)”.

A larga utilização de agrotóxicos no processo de produção agropecuária, entre outras aplicações, tem trazido uma série de transtornos e modificações para o ambiente, seja através da contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja através da sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas. (PERES; MOREIRA, 2007, p. 614).

EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA

As intoxicações ocorrem quando há exposição a uma ou mais substâncias tóxicas, seja essa exposição:

- INTENCIONAL (tentativa de suicídio, de homicídio, de abortamento),
- ACIDENTAL (reutilização de embalagens, fácil acesso das crianças a produtos);
- OCUPACIONAL (no exercício da atividade de trabalho) ou AMBIENTAL

(água, ar, solo contaminados, proximidade de áreas pulverizadas, cadeia alimentar). A gravidade de uma intoxicação por agrotóxico dependerá: da via de contaminação; do tempo de exposição; da toxicidade da substância; da concentração da substância; das condições ambientais; da oportunidade de acesso ao serviço de saúde, quando o acesso precoce ao serviço oportuniza tratamento adequado, diminuição de morbidade e mortalidade.

- As VIAS DE EXPOSIÇÃO (ou de ingresso da substância no organismo) nas intoxicações por agrotóxicos podem ser: Dérmica/Cutânea: a pele é a via mais frequentemente exposta às substâncias químicas. Muitas substâncias podem ser absorvidas pela pele íntegra, não havendo necessidade de solução de continuidade; os efeitos podem ser locais ou pode haver absorção significativa e comprometimento sistêmico. Inalatória: Via bastante comum e muito eficiente para a absorção de gases, vapores, aerossóis, com lesões das vias aéreas e comprometimento respiratório. Ocular: O contato ocular com substâncias químicas pode ocasionar graves lesões nos olhos, com sequelas permanentes.

3.4.1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DO USO DE AGROTÓXICOS

De acordo com Rangel, Et al (2011) depois da exposição ocupacional as principais fontes de exposição humana aos agrotóxicos são as ambientais, uma vez que estes produtos têm a capacidade de acumular-se no ar, água e solo, podendo, portanto, ter potencial de causar danos decorrer do tempo.

Desta forma, pessoas podem estar expostas a níveis excessivos de agrotóxicos durante o trabalho e por meio da alimentação, contato com solos, água ou ar. Além destas vias de contaminação Rangel, Et al (2011) destacam ainda que podem ocorrer contaminação das águas subterrâneas, lagos, rios e outros corpos de água, além de peixes e outras fontes de suprimentos vitais para o bem estar humano.

O Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) em solo, e outros abordaram que a rápida dissipação dos agrotóxicos nos solos e nas águas e o seu poder de escoamento também devem ser levados em consideração para a discussão do impacto desses venenos sobre o meio ambiente, podendo contaminar águas de rios e mares. Outras substâncias, podem se dissipar com a ajuda da degradação da própria

microbiota aquática. O número e o tamanho de estômatos em plantas podem ser influenciados pela presença de agrotóxicos na área de plantio. Agrotóxicos podem contaminar reservatórios de água, rios, recursos hídricos e bacias fluviais, podendo interferir nos organismos vivos aquáticos. Algumas substâncias já proibidas há décadas no País, como é o caso do Hexaclorociclohexano (HCH), ainda estão sendo detectadas em amostras de águas, poços e mananciais.

Na cidade de Cascavel, no Paraná, com intensa atividade agrícola, apresentaram contaminação recente por organofosforados. Situação semelhante foi encontrada em Fortaleza, onde foram detectadas as substâncias cipermetrina e malationa em dois rios da região metropolitana. Até mesmo na água da chuva, em regiões de produção de soja, foi detectada a presença de diferentes agrotóxicos. Albuquerque, Ribeiro e Kummrow, em sua revisão de literatura, identificaram que os herbicidas foram os agrotóxicos mais encontrados em águas doces brasileiras.

Estudo de Castro et al. demonstra que a contaminação das águas pode afetar a flora aquática. Um estudo realizado por Sanches et al.³⁰, no estado de São Paulo, constatou que os peixes também podem ser intoxicados pela exposição em águas contaminadas por agrotóxicos, principalmente se elas contiverem mais de uma substância simultaneamente. Campos-Garcia et al também identificaram que a exposição ao carbofurano associou-se à hiperplasia de células epiteliais, a aneurismas e alterações capilares em peixes. Outro estudo, realizado por Pessoa et al, também demonstrou que atividades das larvas de tilápia, como a velocidade de natação, podem ser comprometidas pela exposição ao carbofurano. Através da contaminação da água, também por pesticidas.

Protozoários podem ter seu crescimento e sua replicação prejudicados, e girinos apresentaram alterações bioquímicas com a exposição a algumas substâncias. Em peixes destinados ao consumo humano, coletados em algumas cidades brasileiras, também foram detectadas acumulações do agrotóxico DDT. Estudos também encontraram agrotóxicos organoclorados em espécies de peixe na região Nordeste do Brasil.

Estudos também citaram que algumas substâncias, podem estar relacionadas à mortalidade de abelhas e interferindo em suas atividades de voo. O número de espécies de abelhas também pode estar prejudicado pelo uso de inseticidas associados

a culturas geneticamente modificadas. Outras consequências podem ser: redução da taxa de sobrevivência de larvas expostas aos agrotóxicos, assimetria na forma das asas e mortalidade desses insetos.

O QUE VERSA A LEGISLAÇÃO

A legislação básica específica de agrotóxicos consiste na Lei Federal nº 7.802/89 e seu decreto regulamentador, nº 4.074/02 e, no âmbito estadual, a Lei nº 4.002/84 e seu decreto regulamentador, nº 44.038/89. Mencione-se, ainda, o Projeto de Lei nº 147/2018, em tramitação na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.

LEGISLAÇÃO FEDERAL

A legislação em âmbito federal consiste sobre o comércio em seu todo no território brasileiro.

”Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências (ADAPAR, 2012)”.

E segundo a Lei 7.802/89, artigo 3º, parágrafo 6º, no Brasil, é proibido o registro de agrotóxicos:

”a) Para os quais o Brasil não disponha de métodos para desativação de seus componentes, de modo a impedir que os seus resíduos remanescentes provoquem riscos ao meio ambiente e à saúde pública; b) para os quais não haja antídoto ou tratamento eficaz no Brasil; c) que

revelem características teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas, de acordo com os resultados atualizados de experiências da comunidade científica; d) que provoquem distúrbios hormonais, danos ao aparelho reprodutor, de acordo com procedimentos e experiências atualizadas na comunidade científica; e) que se revelem mais perigosos para o homem do que os testes de laboratório, com animais, tenham podido demonstrar, segundo critérios técnicos e científicos atualizados; f) cujas características causem danos ao meio ambiente. (Ministério do Meio Ambiente, 2017) ”.

3.5.1 LEGISLAÇÃO ESTADUAL

No Paraná a lei 7827 de, 29 de dezembro de 1983 dispõe que a distribuição e comercialização no território do Estado do Paraná, de produtos agrotóxicos e outros biocidas, ficam condicionados ao prévio cadastramento perante a Secretaria de Agricultura e Secretaria do Interior e adota outras providências (ADAPAR, 2016).

”Art. 1º - A distribuição e comercialização no território do Estado do Paraná, de produtos agrotóxicos e outros biocidas, estão condicionados ao prévio cadastramento perante a Secretaria de Agricultura e Secretaria do Interior. 2º - Só serão admitidos em território estadual, serem comercializados e distribuídos agrotóxicos e biocidas já registrados no órgão federal competente. 3º - A indústria importadora, produtora ou manipuladora de agrotóxicos ou biocidas, postulante do cadastramento previsto nesta Lei apresentará, obrigatoriamente, ao cadastrá-lo, mediante requerimento dirigido à Secretaria da Agricultura, no prazo de 90 (noventa) dias, os seguintes documentos: b)

- Método de análise de resíduo do agrotóxico por cultura registrada no órgão federal competente; c) - Cópia do Relatório da Instituição Oficial de pesquisa que desenvolveu os ensaios de campo para as indicações de uso e doses recomendadas por cultura do produto registrado no Ministério da Agricultura, bem como cópia do boletim de análise de resíduos do produto para as culturas em que é indicado, boletim este, emitido por Laboratório Oficial do Brasil; d) - Cópia do relatório técnico aprovado pelo órgão Federal competente. 4º - A indústria importadora, produtora ou manipuladora de agrotóxicos ou biocidas deverá apresentar à Secretaria do Interior, para cadastramento previsto nesta Lei, mediante requerimento os documentos listados por ela. 5º - Caso a indústria importadora, produtora ou manipuladora de agrotóxicos e outros biocidas não dispuser de todos os dados exigidos nesta Lei, as Secretarias da Agricultura, da Saúde e Bem-Estar Social e a Surehma poderão firmar convênio com Universidades ou Centros de Pesquisas Oficiais ou Privados, Nacionais ou Internacionais com ônus repassados para a Empresa interessada na comercialização. Ministério do Meio Ambiente, 2017”.

3.5.1.2 PROJETO DE LEI 6.999 DE 2016.

Em 2018, foi revogada a lei de 1989, por um projeto aprovado na Câmara pelo deputado federal Luiz Nishimori, das quais as mudanças ,passam a usar os termos "defensivos agrícolas" e "produtos fitossanitários" no lugar de "agrotóxico". As análises para novos produtos e autorização de registros passam a ficar coordenadas pelo Ministério da Agricultura.

O Ministério da Agricultura também irá "definir e estabelecer prioridades de análise dos pleitos de registros de produtos fitossanitários para os órgãos de saúde e meio ambiente".

É criado um registro e autorização temporários para produtos que já sejam registrados em outros três países que sejam membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e adotem o código da FAO. O prazo será de 1 ano de análise e, então, o registro será liberado temporariamente. A análise de risco é obrigatória para a concessão de registro e deverá ser apresentada pela empresa que solicita a liberação do produto. Produtos com "risco aceitável" passam a ser permitidos e apenas produtos com "risco inaceitável" podem ser barrados. Os Estados e o Distrito Federal não poderão restringir a distribuição, comercialização e uso de produtos autorizados pela União. Facilita a burocracia para a liberação de agrotóxicos idênticos e similares a outros já registrados (Ministério Público Federal, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

O estudo abrange o estado do Paraná em sua totalidade, abrangendo 399 cidades, conforme Figura(5). A população é de aproximadamente 11.348.937 habitantes segundo o censo do IBGE de 2018. O estado possui a décima quinta maior área territorial e o quinto contingente populacional dentre os estados do Brasil (IBGE 2018).

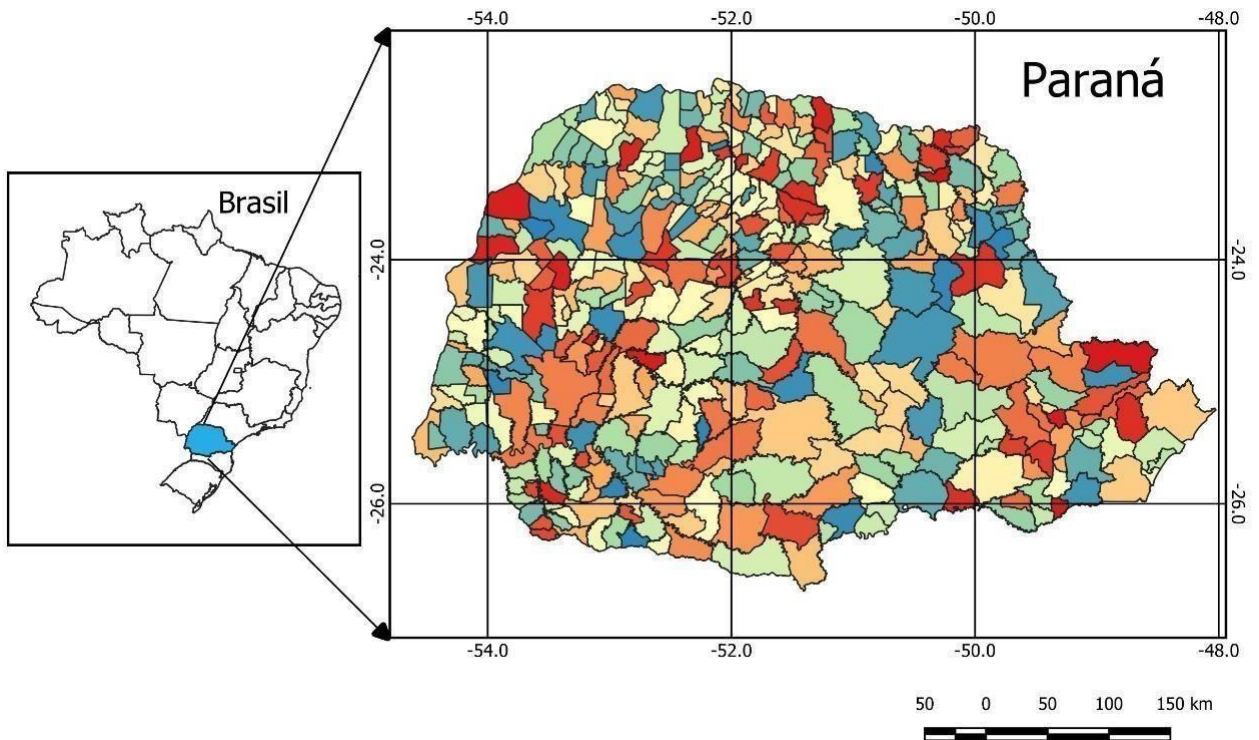


Figura 5: Localização da área de estudo.

Fonte: Autoria Própria (2019).

DADOS DOS AGROTÓXICOS

Os dados do volume comercializado dos agrotóxicos utilizados neste estudo foram obtidos através do relatório anual através do Sistema de Controle do Comércio e Uso de Agrotóxicos no Estado do Paraná – SIAGRO , regulada pela Agência de Defesa Agropecuária do Paraná – ADAPAR ,conforme Figura () , pelo qual as empresas comerciantes declaram as vendas destes insumos para os produtores paranaenses. Onde os valores do volume comercializado para os municípios apresentam-se em toneladas (SIAGRO, 2017).



Figura 6: Dados dos agrotóxicos.

Fonte: ADAPAR (2018).

DADOS DA SAÚDE

O número de casos de ocorrência de tumor, segundo procedência de município e sexo, foi obtido através do sistema Web IntegradorRHC, do Instituto Nacional do Câncer – INCA (Figura ()) , onde são consolidados os dados provenientes dos Registros de Câncer (RHC) de todo território nacional. Os RHC se caracterizam em centros de coleta, armazenamento, processamento, análise e divulgação - de forma sistemática e contínua - de informações de pacientes atendidos em uma unidade hospitalar, com diagnóstico confirmado de câncer. A informação produzida em um RHC reflete o desempenho do corpo clínico na assistência prestada ao paciente (INCA, 2019).

O integrador fomenta dados através de tabulações onde as linhas estão por

municípios e as colunas por sexo, tabulando por numero de casos de neoplasias de todas as classificações.

The screenshot shows the Integrador RHC web interface. The main content area displays a table titled 'Últimas Atualizações' (Latest Updates) with columns for Date, Year, State, and Description. The table lists various updates to the cancer registry data, including updates for different states and years, and the initial setup of the system.

Data	Ano	Estado	Descrição
23/01/2018	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 06/01/2018 ao dia 23/01/2018.
04/07/2018	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 20/01/2018 ao dia 04/07/2018.
14/03/2018	2008 - 2018	SP	Base dos RHC de SP, gerados pela FDEP em dezembro de 2017.
21/01/2018	2008 - 2018	SP	Atualização do banco de dados de 2008 até 2014, receptor Edgar Santos, CNPJ: 0009818.
18/03/2018	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 29/06/2017 ao dia 18/03/2018.
08/04/2017	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 25/01/2017 ao dia 08/04/2017.
17/01/2017	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 20/08/2016 ao dia 17/01/2017.
02/09/2016	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 01/02/2016 ao dia 02/09/2016.
01/02/2016	2008 - 2018	Todos	Base de dados atualizada no IntegradorRHC, recebidas de dia 06/07/2015 ao dia 01/02/2016.
11/08/2015	2011 - 2015	SP	Atualização do banco de dados de 2011, Hospital de Câncer - HCL - CNPJ: 2273484.
06/07/2015	1988 - 2015	Todos	Inclusão no Histórico do sistema de São Paulo: Banco de dados de 2009 até 2015.
08/05/2015	2010 - 2010	SP	Atualização da base de 2010.
08/11/2014	1988 - 2014	Todos	Atualização inicial.

Figura 7: Dados de saúde.

Fonte: IntegradorRHC (2019).

O integrador fornece dados através de tabulações onde as linhas estão por municípios e as colunas por sexo, tabulando por número de casos de neoplasias de todas as classificações, exemplo Figura 8.

**Informações do Registro Hospitalar de Câncer - Tabulador Hospitalar
Base do Estado: PR**

Número de casos por Sexo segundo Procedência
Período: 2017
UF da unidade hospitalar: Paraná

Procedência	Feminino	Masculino	Total
TOTAL	674	606	1280
98 - 9888888 - NÃO CLASSIFICADO	22	16	38
PR - 4100301 - AGUDOS DO SUL	0	1	1
PR - 4101408 - APUCARANA	53	34	87
PR - 4101606 - ARAPOTI	3	1	4
PR - 4101804 - ARAUCARIA	1	3	4
PR - 4103040 - BOA VENTURA DE SAO ROQUE	4	5	9
PR - 4103206 - BOM SUCESSO	1	0	1
PR - 4103305 - BORRAZOPOLIS	2	3	5
PR - 4103503 - CALIFORNIA	0	1	1
PR - 4103958 - CAMPINA DO SIMAO	1	7	8
PR - 4104006 - CAMPINA GRANDE DO SUL	1	0	1
PR - 4104253 - CAMPO MAGRO	2	0	2
PR - 4104402 - CANDIDO DE ABREU	0	1	1
PR - 4104428 - CANDOI	3	2	5
PR - 4104451 - CANTAGALO	5	2	7
PR - 4104659 - CARAMBEI	4	2	6
PR - 4104907 - CASTRO	15	11	26
PR - 4105003 - CATANDUVAS	1	0	1
PR - 4105508 - CIANORTE	0	1	1
PR - 4105805 - COLOMBO	3	4	7
PR - 4106803 - CRUZ MACHADO	1	0	1
PR - 4106902 - CURITIBA	147	132	279
PR - 4107603 - FAXINAL	4	1	5
PR - 4107652 - FAZENDA RIO GRANDE	11	6	17
PR - 4108452 - FOZ DO JORDAO	0	4	4
PR - 4108650 - GOIOXIM	1	3	4
PR - 4108957 - GUAMIRANGA	1	0	1
PR - 4109401 - GUARAPUAVA	145	136	281
PR - 4109609 - GUARATUBA	0	4	4
PR - 4110102 - IMBITUVA	2	0	2
PR - 4110508 - IPIRANGA	3	3	6
PR - 4110706 - IRATI	1	1	2
PR - 4110805 - IRETAMA	1	0	1

Figura 8: Tabulação de dados da saúde.

Fonte: IntegradorRHC (2019).

DADOS GEOREFERENCIADOS

Para o estudo geoestatístico, foram obtidas informações de latitude e longitude pelo software GOOGLE EARTH . Os dados coletados para cada cidade serão georreferenciados para possibilitar o estudo da dependência espacial entre eles, levando em conta a distância entre observações.



Figura 9: Dados de georreferenciados.

Fonte: Google(2019).

ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

O período de estudo abrange cinco anos consecutivos, relacionando o volume comercializado anualmente em todas as cidades ao número de casos de tumores por sexo, abrangendo todas as faixas etárias, pois em estudos anteriores foi estabelecido que o uso de agrotóxico afeta desde embriões até adultos com mais de 85 anos. Porém como cada cidade possui densidade populacional distinta, foi preparado os dados antes de fazer o estudo estatístico para que os dados estejam com o padrão correto para análise estatística.

ESTUDO ESTATÍSTICO

A análise dos dados será feita, primeiramente, avaliando a correlação simples entre as variáveis Volume comercializado e Número de casos de tumores, ano à ano, segundo o coeficiente de Pearson. Posteriormente, serão construídos mapas temáticos, obtidos por interpolação geoestatística, que deverão apresentar a distribuição espacial

de cada variável e em cada ano observado. Assim, para cada ano serão comparados os mapas obtidos para as variáveis Volume comercializado e Número de casos de tumores e, visualmente, será analisada a existência de relação entre as variáveis.

4 A TEORIA DAS VARIÁVEIS REGIONALIZADAS

A estatística clássica assume que os pontos de observação são independentes, o que, na maioria dos casos, não acontece nos estudos envolvendo as ciências da terra (SRIVASTAVA, 1996). Já a geoestatística tem como princípio que amostras de uma variável regionalizada não se dispõem independentemente até certa distância, elas têm influência sobre o ponto a ser previsto. Assim, a geoestatística é utilizada quando é verificada a existência de dependência espacial entre as amostras e o uso da variância não tem sentido, se não levar em conta as distâncias entre as amostras, podendo também estimar valores nos locais não amostrados.

O sucesso e as suposições das técnicas geoestatísticas estão fundamentadas na teoria das Variáveis Regionalizadas – VR, desenvolvida por Matheron, na década de 60. A variável regionalizada é uma variável distribuída no espaço (ou tempo), ou seja, são variáveis cujos valores são relacionados de algum modo com a posição espacial que ocupam (GUERRA, 1988).

A teoria das variáveis regionalizadas diz que alguma medida pode ser vista como realização de uma função aleatória, ou processo estocástico. Esta teoria consolida o alicerce da geoestatística. No estudo da variabilidade espacial o emprego da geoestatística não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, mas também em estimar valores nos locais não amostrados.

CARACTERÍSTICAS DAS VARIÁVEIS REGIONALIZADAS

As variáveis regionalizadas possuem características qualitativas estreitamente ligadas à estrutura do fenômeno natural que elas representam. Tais características são:

a) Localização

As variáveis regionalizadas somente tomam seus valores importantes no campo geométrico em que foram definidas, ou seja, no espaço geométrico onde as variáveis são susceptíveis de tomarem valores definidos e no interior do qual serão estudadas suas variações. A escolha do campo geométrico, onde será realizada a medição da variável, não deve ser feita de forma arbitrária, devendo respeitar certas condições de homogeneidade física (GUERRA, 1988).

b) Continuidade

A continuidade espacial apresentada pela VR entre amostras vizinhas reflete o grau de dependência ou independência espacial entre as amostras. Espera-se que amostras mais próximas apresentem maior dependência do que as que estão mais distantes (CRESSIE, 1993).

Segundo ISAAKS e SRIVASTAVA(1989), a teoria fundamental da geoestatística é a esperança de que, na média, as amostras próximas no tempo e espaço sejam mais similares entre si do que as que estiverem distantes.

Quando a continuidade espacial não é identificada, diz-se que há presença de “efeito de pepita puro”. Isto é, a distância entre as amostras pode ter sido muito grande a ponto de não identificar a variabilidade espacial da variável em estudo.

c) Isotropia

A isotropia é uma característica essencial da VR e é identificada quando a variabilidade espacial em uma área apresenta comportamento semelhante para distintas direções, ou seja, não há uma direção privilegiada, ao longo da qual os valores variem de forma significativa. Quando isso não ocorre diz-se que há anisotropia.

MODELOS ESPACIAIS LINEARES

MARDIA e MARSHALL (1984) consideraram um processo estocástico gaussiano $\{Z(s_i), s_i \in S\}$, em que $S \subset \mathfrak{R}^d$, sendo \mathfrak{R}^d espaço euclidiano, d -dimensional ($d \geq 1$). Ou

seja, o processo $Z = (Z(s_1), \dots, Z(s_n))^T$, em que s_i e s_u ($i, u = 1, \dots, n$) são localizações espaciais conhecidas, têm distribuição gaussiana n -variada com vetor de médias $\mu \mathbf{1}$ e matriz de covariância Σ , isto é, $Z \sim N_n(\mu \mathbf{1}, \Sigma)$, em que μ é uma constante; $\mathbf{1}$ é um vetor de uns de ordem $n \times 1$ e Σ é uma matriz definida positiva, de ordem n , dada por $\Sigma = [Cov(Z(s_i), Z(s_u))]$.

Supondo-se que os dados são descritos pelo modelo da Equação (1):

$$Z(s_i) = \mu(s_i) + \varepsilon(s_i) \quad (1)$$

em que os termos determinístico $\mu(s_i)$ e estocástico $\varepsilon(s_i)$ podem depender da localização espacial em que $Z(s_i)$ foi obtida. Assume-se que o erro estocástico ε tem média zero, $E[\varepsilon(s_i)] = 0$, e que a variação entre pontos no espaço é determinada por alguma função de covariância $C(s_i, s_u) = Cov\{\varepsilon(s_i), \varepsilon(s_u)\}$. Assume-se também que para algumas funções conhecidas de s , como $w_1(s), w_2(s), \dots, w_p(s)$, a média do processo estocástico

$$\text{é dada por } \mu(s) = \sum_{u=1}^p w_u(s) \beta_u \quad (2)$$

em que: β_1, \dots, β_p são parâmetros desconhecidos e a serem estimados.

A função de covariância $C(s_i, s_u)$ é também especificada por um vetor q -dimensional $\varphi = (\varphi_1, \dots, \varphi_q)^T$. Por simplicidade, pode-se utilizar as seguintes notações: $Z(s_i) = z_i$, $Z = (z_1, \dots, z_n)^T$, $w_{iu} = w_u(s_i)$, $w_i^T = (w_{i1}, \dots, w_{ip})$, em que W é uma matriz $n \times p$ com suas linhas w_i^T , $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$, $\varepsilon_i = \varepsilon(s_i)$, $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$, com $i = 1, \dots, n$ e $u = 1, \dots, p$.

Desta forma, $\mu(s_i) = w_i^T \beta$, e então,

$$z_i = w_i^T \beta + \varepsilon_i. \quad (3)$$

De forma equivalente, em notação matricial, tem-se:

$$Z = W \beta + \varepsilon \quad (4)$$

Então, $E(\varepsilon) = 0$ e a matriz de covariância de ε é $\Sigma = [(\sigma_{iu})]$, em que $\sigma_{iu} = C(s_i, s_u)$. Assume-se que Σ é não singular e que W tem colunas com posto Completo.

Considerando-se de maneira particular a forma paramétrica da matriz de covariância,

$$\Sigma = \varphi_1 I_n + \varphi_2 R \quad (5)$$

em que:

φ_1 : efeito pepita ou erro de variância (C_0);

φ_2 : contribuição ou variância de dispersão (C_1);

R : é uma matriz que é função de φ_3 , $R = R(\varphi_3) = [(r_{iu})]$, matriz $n \times n$ simétrica com seus elementos da diagonal $r_{ii} = 1$, $i = 1, \dots, n$, em que φ_3 é função do alcance (\mathcal{A}) do modelo;

I_n : matriz identidade de ordem n .

A forma paramétrica da matriz de covariância, dada na Equação 5, ocorre para vários processos isotrópicos, nos quais a covariância $C(s_i, s_u)$ é definida segundo a função de covariâncias $C(h_{iu}) = \varphi_2 r_{iu}$, em que $h_{iu} = \|s_i - s_u\|$ é a distância euclidiana entre os pontos s_i e s_u .

Nas funções de covariâncias $C(h_{iu})$, a variância do processo estocástico Z é $C(0) = \varphi_1 + \varphi_2$.

Assim, o semivariograma pode ser definido como:

$$\gamma(h) = C(0) - C(h) \quad (6)$$

PARÂMETROS DO SEMIVARIOGRAMA

Considerando-se a Equação (6), os parâmetros que definem a estrutura de dependência espacial são:

i) Efeito pepita ($\phi_1 = C_0$): na teoria, quando a distância h é zero, o valor da semivariância é igual a zero, porém, na prática, isto não acontece e à medida que h aproxima-se de zero, o valor do semivariograma aproxima-se de um valor positivo chamado efeito pepita (ϕ_1).

Este revela a descontinuidade do semivariograma para distâncias menores que a menor distância entre as amostras. Conforme relatou CRESSIE (1993), essa descontinuidade pode ser gerada por erros de análise ou de variabilidade de pequena escala não captada pela amostragem;

ii) Contribuição ($\phi_2 = C_1$): é denominada variância de dispersão e representa as diferenças espaciais entre os valores de uma variável tomada em dois pontos separados por distâncias cada vez maiores;

iii) Alcance ($a = g(\phi_3)$): é a distância dentro da qual as amostras apresentam auto correlação espacial, ou seja, o alcance a marca a distância a partir da qual um ponto da variável em estudo não tem mais influência sobre o ponto vizinho; g representa uma função;

iv) Patamar ($C = \phi_1 + \phi_2$): é o valor máximo do semivariograma correspondente ao seu alcance, ou seja, a variância total da variável em estudo. O patamar é o valor a partir do qual o semivariograma estabiliza-se. Na Figura 10 é apresentado um exemplo gráfico da relação entre a covariância espacial $C(h)$ e a semivariância $\gamma(h)$.

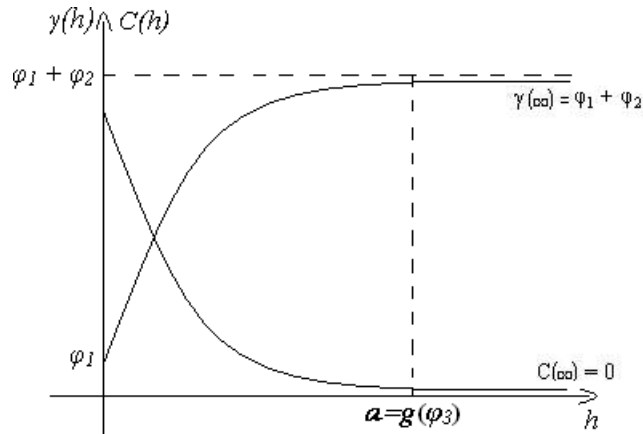


Figura 10: Relação entre a covariância espacial $C(h)$ e a semivariância $\gamma(h)$

Fonte: CRESSIE (1993)

4.9.1 Modelos Teóricos de Semivariograma, Funções de Covariância e de Correlação

Apresentados os parâmetros obtidos com o estudo da dependência espacial, a seguir são apresentados alguns dos modelos teóricos de semivariogramas, funções de covariâncias e funções de correlações espaciais mais utilizados na bibliografia.

Observa-se que a partir da função semivariância apresentada na Equação (6), tem-se a relação $C(h) = C(0) - \gamma(h)$, em que $C(0) = \varphi_1 + \varphi_2$ é a variância total (patamar).

Além disso, dividindo por $C(0)$, tem-se:

$$\frac{C(h)}{C(0)} = \frac{C(0) - \gamma(h)}{C(0)}$$

$$\frac{C(h)}{C(0)} = 1 - \frac{\gamma(h)}{C(0)} \quad (7)$$

Logo, a função de correlação espacial é da forma:

$$\rho(h) = 1 - \frac{\gamma(h)}{\varphi_1 + \varphi_2} \quad (8)$$

Os modelos ajustados para o semivariograma experimental, apresentados por ISAACS e SRIVASTAVA (1989) e CRESSIE (1993), são divididos em modelos

transitivos, que possuem patamar, e modelos não transitivos, que não possuem patamar. Os principais modelos transitivos utilizados são: esférico, exponencial, gaussiano, circular, Matérn e exponencial potência. Segundo JOURNAL e HUIJBREGTS (1978), estes modelos consideram que a variável em estudo possui um mesmo padrão de continuidade espacial em todas as direções (isotropia), em consequência disso, o semivariograma deve ter uma mesma característica estrutural em todas as direções do espaço.

a) Modelo esférico

Este modelo apresenta crescimento rápido na origem e atinge o patamar a 2/3 do alcance. Segundo CRESSIE (1993), este modelo é válido em \mathfrak{R} , \mathfrak{R}^2 e \mathfrak{R}^3 e tem como expressão a Equação (9):

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ \varphi_1 + \varphi_2 \left[\frac{3}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right)^3 \right], & 0 < h \leq \varphi_3 \\ \varphi_1 + \varphi_2, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (9)$$

A função de covariância é expressa por:

$$C(h) = \begin{cases} \varphi_1 + \varphi_2, & h = 0 \\ \varphi_1 \left[1 - \frac{3}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right)^3 \right], & 0 < h \leq \varphi_3 \\ 0, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (10)$$

A função de correlação espacial é definida como:

$$\rho(h) = \begin{cases} 1, & h = 0 \\ \frac{1 - \frac{3}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right)^3}{1}, & 0 < h \leq \varphi_3 \\ 0, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (11)$$

É importante destacar que o modelo esférico não tem segunda derivada.

b) Modelo exponencial

Este modelo apresenta comportamento aproximadamente linear na origem e

atinge o patamar assintoticamente com alcance prático definido como a distância na qual o valor do modelo é 95% de φ_2 , sendo o alcance prático dado por $a = 3\varphi_3$. Este modelo é válido em \mathfrak{R} , \mathfrak{R}^2 e \mathfrak{R}^3 (CRESSIE, 1993), e tem como expressão a Equação (12)

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ \varphi_1 + \varphi_2 \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{\varphi_3}\right) \right], & 0 < h \leq \varphi_3 \\ \varphi_1 + \varphi_2, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (12)$$

A função de covariância é expressa por:

$$C(h) = \begin{cases} \varphi_1 + \varphi_2 \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{\varphi_3}\right) \right], & h = 0 \\ \varphi_1 + \varphi_2 \exp\left(-\frac{h}{\varphi_3}\right), & 0 < h \leq \varphi_3 \\ 0, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (13)$$

A função de correlação espacial é definida como:

$$\rho(h) = \begin{cases} 1, & h = 0 \\ \exp\left(-\frac{h}{\varphi_3}\right), & 0 < h \leq \varphi_3 \\ 0, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (14)$$

c) Modelo gaussiano

Este modelo apresenta comportamento parabólico na origem e é utilizado para modelar um fenômeno extremamente contínuo. Também atinge o patamar apenas assintoticamente e o alcance prático é dado por $a = \sqrt{3} \varphi_3$. Este modelo é válido em \mathfrak{R} , \mathfrak{R}^2 e \mathfrak{R}^3 (CRESSIE, 1993) e tem como expressão a Equação (15):

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ \varphi_1 + \varphi_2 \left\{ 1 - \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{h}{\varphi_3}\right)^2\right] \right\}, & 0 < h \leq \varphi_3 \\ \varphi_1 + \varphi_2, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (15)$$

A função de covariância é expressa por:

$$C(h) = \begin{cases} \varphi_1 + \varphi_2, & h = 0 \\ \varphi_2 \left\{ \exp \left[- \frac{(h)^2}{\varphi_3} \right] \right\}, & 0 < h \leq \varphi_3 \\ 0, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (16)$$

A função de correlação espacial é definida como:

$$\rho(h) = \begin{cases} 1, & h = 0 \\ \exp \left[- \frac{(h)^2}{\varphi_3} \right], & 0 < h \leq \varphi_3 \\ 0, & h > \varphi_3 \end{cases} \quad (17)$$

f) Modelo Matérn

MATÉRN (1986) apresentou uma função chamada família Matérn. Esta função é definida, em termos de modelo teórico de semivariograma, pela Equação (24):

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ \varphi_1 + \varphi_2 \left[\frac{1 - 2^{k-1} \Gamma(k)}{\Gamma(k)} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right)^k K_k \left(\frac{h}{\varphi_3} \right) \right], & h > 0 \end{cases} \quad (18)$$

em que:

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ e k , são parâmetros;

K_k é a função de Bessel de terceiro tipo, de ordem k .

A família Matérn é válida para $\varphi_3, k > 0$ e corresponde à função de correlação exponencial quando $k = 0,5$; e à função de correlação gaussiana quando $k \rightarrow \infty$.

A função de covariância é expressa pela Equação (25):

$$C(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ \varphi_1 + \varphi_2 \left[\frac{1 - 2^{k-1} \Gamma(k)}{\Gamma(k)} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right)^k K_k \left(\frac{h}{\varphi_3} \right) \right], & h > 0 \end{cases} \quad (19)$$

A função de correlação espacial é expressa pela Equação (26):

$$\rho(h) = \left\{ \frac{1 - 2^{k-1} \Gamma(k)}{\Gamma(k)} \left(\frac{h}{\varphi_3} \right)^k K_k \left(\frac{h}{\varphi_3} \right) \right\}, \quad h > 0, \quad (20)$$

ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS

4.10.1 Estimador de Máxima Verossimilhança –MV

O método de estimação de máxima verossimilhança (MV), considerado um estimador

de parâmetros assintoticamente normal, não viciado e eficiente (COX; HINKLEY, 1974), consiste em maximizar a função de densidade de probabilidade conjunta do processo $Z(s)$, em

relação aos efeitos fixos (processo estacionário) e aos componentes dos efeitos aleatórios. McBRATNEY e WEBSTER (1986) utilizaram esse método de ajuste de modelos e também afirmaram ser o mais eficiente. MARDIA e MARSHALL (1984) desenvolveram uma teoria para o caso em que o termo aleatório $\epsilon(s)$ fosse um processo gaussiano.

O melhor modelo para um processo $Z(s)$ será aquele que apresentar o maior valor de maximização do logaritmo da função verossimilhança (log-verossimilhança).

A função de verossimilhança de n variáveis aleatórias Z_1, \dots, Z_n é definida como a densidade conjunta dada por $f_{Z_1, \dots, Z_n}(z_1, \dots, z_n; \theta)$, que deverá ser

considerada como uma função do vetor de q -parâmetros desconhecidos $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_q)$ Θ (espaço paramétrico).

Seja (Z_1, \dots, Z_n) um vetor aleatório n -dimensional de uma população com função densidade de probabilidade conjunta $f_{Z_1, \dots, Z_n}(z_1, \dots, z_n; \theta)$, então a função

de verossimilhança será:

$$L(\theta) = f_{Z_1, \dots, Z_n}(z_1, \dots, z_n; \theta). \quad (21)$$

A função de verossimilhança pode ser entendida como a intensidade de contribuições dos parâmetros na produção de uma dada amostra, ou seja, o quão fortemente os dados suportam os parâmetros desconhecidos. Os parâmetros desconhecidos do modelo $\hat{\theta} = (\beta_1, \dots, \beta_p, \varphi_1, \dots, \varphi_q)^T$ podem ser estimados maximizando-se a função de verossimilhança, como considerado por KITANIDIS(1983) e MARDIA e MARSHALL (1984).

KRIGAGEM

A geoestatística tem um método de interpolação chamado krigagem, o qual usa a dependência espacial, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro de um espaço amostral, sem tendência e com variância mínima. Estas duas características fazem da krigagem um interpolador Best Linear Unbiased Estimator (BLUE) (BURGESS; WEBSTER, 1980) ou Best Linear Unbiased Predictor (BLUP), ou seja, seus estimadores não são tendenciosos, pois, em média, a diferença entre valores preditos e observados, para a mesma localização, deve ser nula; e possui variância mínima, pois este estimador possui a menor variância dentre todos os estimadores não tendenciosos.

O método de interpolação por krigagem possibilita a construção de mapas temáticos com alta precisão, uma vez que após a interpolação, a densidade espacial de dados será muito maior do que a obtida pela amostragem.

Conhecendo-se a estrutura de dependência espacial das variáveis regionalizadas em estudo, pode-se usar a interpolação por krigagem para prever valores em locais não amostrados e construir mapas temáticos.

A diferença entre krigagem e outros métodos de interpolação (inverso quadrado da distância, média móvel, linear simples, etc.) está na maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. No caso da interpolação linear simples, os pesos são todos iguais a $1/n$ (em que n é o número de amostras). Na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na krigagem, o procedimento é semelhante ao de interpolação por médias móveis ponderadas, exceto que neste caso os pesos são determinados a partir de uma análise espacial, baseado na estimação de parâmetros obtidos pela modelagem da dependência espacial.

Portanto, a krigagem é uma técnica especificamente desenvolvida para a geoestatística, pois considera os parâmetros obtidos pela modelagem da variabilidade espacial.

MÉTODOS DE VALIDAÇÃO DE MODELOS

Para a tomada de decisão sobre o melhor modelo geoestatístico são usados os índices de desempenho como método de mínimos quadrados, ordinários e ponderados, máxima verossimilhança, máxima verossimilhança restrita e Bayesiano. Esses critérios são muito utilizados para a escolha do melhor modelo, porém, não ponderam sobre o número de parâmetros usados para o modelo estatístico ajustado.

A seguir serão apresentados alguns critérios que podem ser utilizados como métodos de validação de modelos por meio da análise de resíduos.

4.12.1 Critério de Akaike

O critério de informação de Akaike (Akaike's Information Criterion -AIC) (AKAIKE, 1973) busca demonstrar que se dois modelos representam dados igualmente satisfatórios, então como modelo mais simples pode-se esperar um melhor desempenho para a predição de novos dados. Portanto, este critério busca a simplicidade, impondo uma penalidade para a complexidade.

O critério de informação de Akaike é definido como:

$$AIC = -2l(\theta) + 2r \quad (22)$$

em que:

$l(\theta)$: é a função de log-verossimilhança;

r : número de parâmetros do modelo ajustado.

Para o caso normal clássico, eliminadas as constantes arbitrárias, a definição de AIC é estimada por:

$$\hat{A} = n \ln \left(\frac{SQR}{n} \right) + 2r \quad (23)$$

em que:

n: número de pontos experimentais;

SQR: soma dos quadrados residuais .

O critério de informação de Akaike é uma ligação da função de verossimilhança com uma medida de informação perdida quando um modelo representa, de modo aproximado, uma realidade. Esse critério penaliza a adição de parâmetros, podendo ser aplicado quando se procura uma solução satisfatória entre o bom ajuste e o princípio da parcimônia.

A decisão para escolha entre os modelos utilizados no ajuste recai sobre aquele que apresentar o menor valor de \hat{A} .

1 5 .RESULTADOS E DISCUSSÃO

2

3 **5.1 Análises descritivas do Volume comercializado e do Número de casos**

4

5 Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as estatísticas descritivas para as variáveis
6 Volume comercializado (anos de 2013 à 2017) e do Número de casos (anos de 2013 à
7 2016), respectivamente. Para Número de casos não foi analisado o ano de 2017, pois os
8 dados estavam incompletos.

9 Tabela 1 - Estatísticas descritivas para a variável Número de casos, de 2013 à
10 2016.

Ano	Média	DP	CV (%)	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
2013	234,0	325,9	139,3	0,03	48,1	144,8	304,5	3692,1
2014	245,2	340,8	139,0	0,05	50,8	139,9	313,9	3631,2
2015	252,6	350,3	138,6	0,02	55,5	153,6	329,6	4060,4
2016	231,5	279,7	120,8	0,02	53,9	149,4	298,7	1962,2
2017	231,6	268,8	116,1	0,00	59,2	157,7	296,3	1891,9

11 Nota: DP: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Mín: valor mínimo; Q1:
12 primeiro quartil; Md: mediana; Q3: terceiro quartil; Máx: valor máximo.

13 A partir dos resultados da Tabela 1 pode-se observar com muita clareza que há
14 uma alta dispersão dos dados em todos os anos analisados, segundo o coeficiente de
15 variação (CV). Isso indica que há cidades cujo volume comercializado é muito baixo,
16 enquanto em outras o volume é extremamente alto. Não se observa uma tendência de
17 aumento ou redução no volume médio comercializado, ou seja, com o passar dos anos a
18 média permaneceu estável. A diferença entre a média e a mediana (Md) aponta uma
19 assimetria na distribuição dos dados.

20 Tabela 2- Estatísticas descritivas para a variável Volume
21 comercializado, de 2013 à 2017.

Ano	Média	DP	CV (%)	Mín	Q1	Md	Q3	Máx
2013	36,4	164,6	451,9	1	6	11	24	3004
2014	44,1	224,2	507,9	0	6	13	28	4266
2015	42,2	193,1	457,2	0	7	16	32	3675
2016	41,1	204,6	497,4	0	6	13	28	3902

22 Nota:DP: desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Mín: valor mínimo; Q1: primeiro
23 quartil; Md: mediana; Q3: terceiro quartil; Máx: valor máximo.

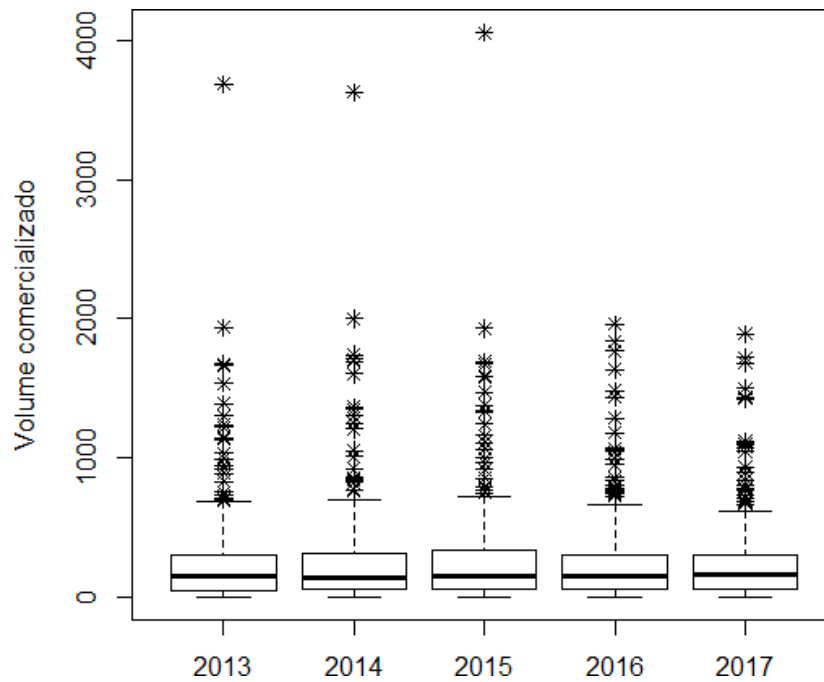
24

25 Os resultados descritivos para a variável Número de casos, apresentados na
26 Tabela 2, revelam um comportamento semelhante ao apresentado pela variável Volume
27 comercializado. Observa-se alta dispersão dos dados em todos os anos analisados, o que
28 pode ser confirmado pelos valores dos coeficientes de variação (CV) e pela diferença
29 entre valores mínimos e máximos. A média do Número de casos apresentou pouca
30 variação com o passar dos anos e, devido à diferença entre a média e a mediana (Md), a
31 distribuição dos dados é assimétrica.

32 Nas Figuras 11 e 12 são apresentados os gráficos box plot para as variáveis Volume
33 comercializado (anos de 2013 à 2017) e Número de casos (anos de 2013 à 2016),
34 respectivamente.

35 Pelos gráficos apresentados na Figura 11, para a variável Volume comercializado,
36 pode-se notar a grande dispersão e quantidade de valores discrepantes, representados
37 pelo símbolo “*”. Os valores mais discrepantes ocorreram nos anos de 2013, 2014 e 2015
38 para a cidade de Cascavel, que tem aproximadamente 300 mil habitantes.

39



40

41 Figura 11 - Gráficos Box plot da variável Volume comercializado para os anos 2013 à
42 2017.

43

44 Analisando a Figura 12, também nota-se uma grande quantidade de valores
45 discrepantes para a variável Número de casos. Os valores mais discrepantes ocorreram
46 para as cidades de Enéas Marques (2013), com 6.100 habitantes; Curitiba (2014), com
47 1.851.213 habitantes; Cruz Machado (2015), com 18.040 habitantes; e Curitiba (2016),
48 com 1.764.541 habitantes.

49 Com isso, verifica-se que mesmo cidades pequenas apresentam muitos registros
50 de casos de tumores.

51

52

53

54

55

56

57

58

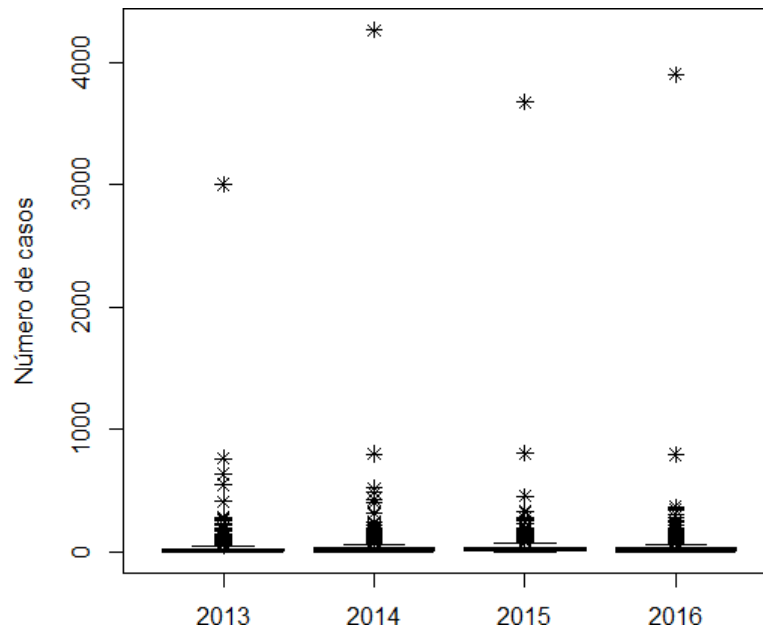
59

60

61

62

63



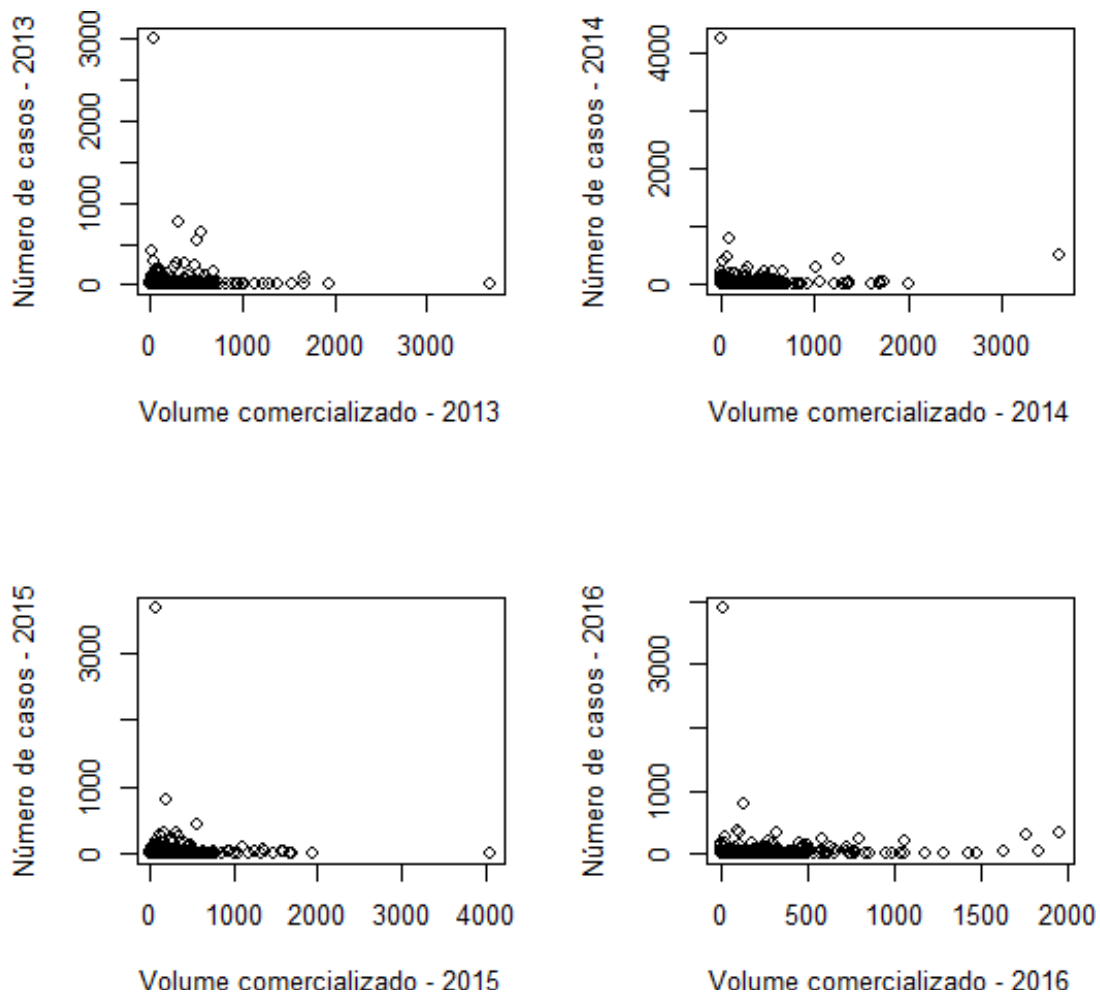
64 Figura 12 - Gráficos Box plot da variável Número de casos para os anos 2013 à 2016.

65

66 5.2 Análises de correlação entre as variáveis Volume comercializado e do 67 Número de casos

68 A fim de visualizar a relação entre as variáveis Volume comercializado e
69 Número de casos, serão apresentados os diagramas de dispersão e análise de correlação.
70 Como a variável Número de casos estava com dados incompletos para o ano de 2017,
71 não serão apresentados os diagramas e a análise de correlação para este ano.

72 Na Figura 13 são apresentados os diagramas de dispersão para os anos de 2013 à
73 2016. Nestes diagramas pode-se observar os valores mais discrepantes que foram
74 identificados pelos gráficos boxplot (Figuras 10 e 11). Mesmo retirando os valores mais
75 discrepantes, a tendência geral dos dados não se altera e, por esse motivo, foram mantidos
76 os diagramas com todos os dados.



77

78

79 Figura 13 – Diagramas de dispersão entre as variáveis Volume comercializado e
 80 Número de casos, para os anos 2013 à 2016.

81

82 Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson r e o
 83 nível descritivo Valor- p , usado para testar a significância da correlação entre as variáveis
 84 Volume comercializado e Número de casos. O coeficiente r varia de -1 à 1 , sendo que
 85 quanto mais próximo de -1 ou de 1 , maior é a correlação entre as variáveis.

86 A partir dos resultados apresentados, em todos os anos, verifica-se uma correção
 87 muito baixa, próxima de zero e, considerando um nível de 5% de significância, tem-se
 88 que a correlação entre as variáveis analisadas não foi significativa em nenhum dos anos

89 (Valor-p > 0,05).

90

91 Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre Volume comercializado e do
92 Número de casos, de 2013 à 2016

93

Ano	<i>r</i>	Valor-p
2013	-0,009	0,846
2014	0,046	0,357
2015	-0,026	0,606
2016	0,025	0,616

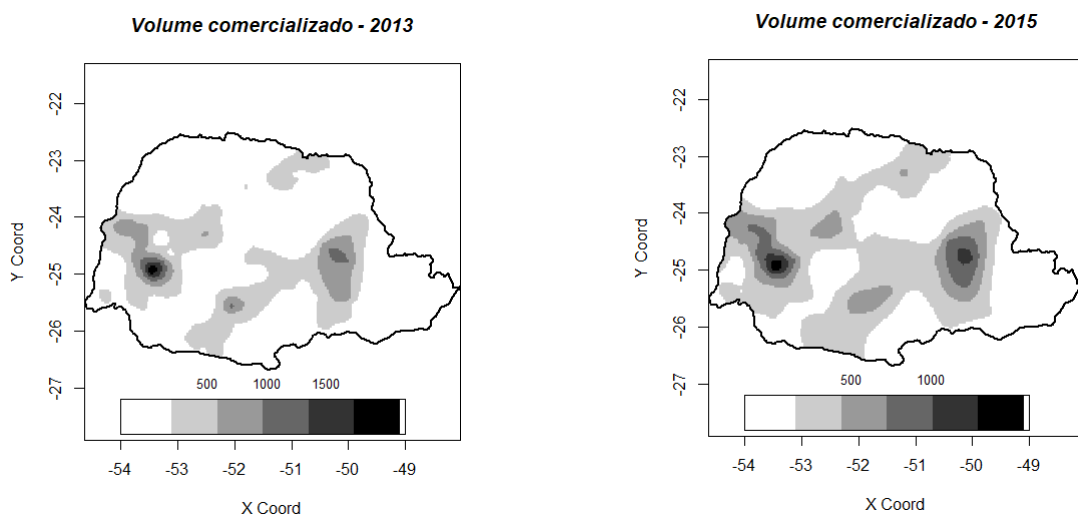
94

r: Coeficiente de correlação de Pearson

95

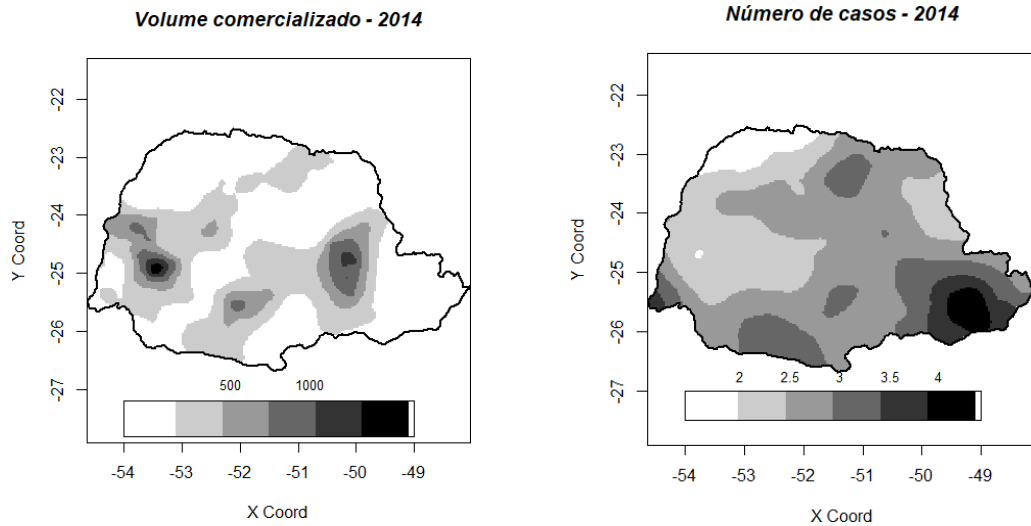
96 Com o intuito de visualizar uma possível correlação entre as variáveis Volume
97 comercializado e do Número de casos foram gerados os mapas temáticos das variáveis,
98 entre os anos 2013 e 2016, usando métodos geoestatísticos (Figuras 14 à 16). Devido às
99 características de alta dispersão e assimetria dos dados, para os anos de 2013 e 2015, não
100 foi possível obter os mapas para Número de casos, sendo apresentados somente os mapas
101 para Volume comercializado.

102 Como pode ser observado nas Figuras 14 e 15, comparando os mapas (esquerda
103 e direita), não há uma relação direta entre Volume comercializado e do Número de casos,
104 visto que as áreas mais escuras (valores maiores) no mapa do Volume comercializado não
105 são as mesmas do mapa do Número de casos observados, e vice-versa.



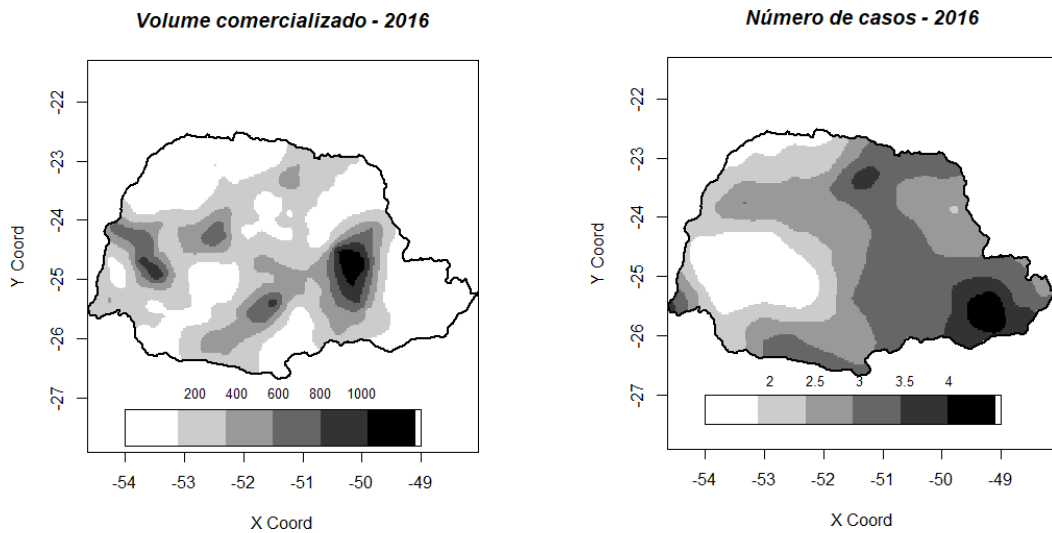
106 Figura 14 – Mapas temáticos para a variável Volume comercializado, para os
 107 anos 2013 e 2015.

108



109 Figura 15 – Mapas temáticos para as variáveis Volume comercializado (esquerda) e
 110 Número de casos (direita), para o ano 2014.

111111



112 Figura 16– Mapas temáticos para as variáveis Volume comercializado (esquerda) e
 1131 Número de casos (direita), para o ano 2016.

1
 3

1141

1
 4

115 6.CONCLUSÕES

116116

117117

118 A partir da análise realizada ficou evidente a alta dispersão e assimetria dos
119 dados disponíveis. Além disso, tanto os resultados das análises de correlação de Pearson
120 quanto dos mapas temáticos não evidenciaram uma associação entre o volume
121 comercializado de agrotóxico e a ocorrência de tumores.

122 É possível que o número de casos esteja relacionado podendo o numero de casos
123 estar relacionado com outras variáveis não somente o volume comercializado, poiso que
124 se é comercializado em uma cidade pode ser utilizado em outra e nos casos de ingestão
125 ou contatopodeser apresentado em outra unidade hospitalar de município distinto. Além
126 disso, a formação de tumores decorre de um efeito acumulativo de agrotóxicos, podendo
127 não ser adequado avaliar o número de casos registrados com o volume de agrotóxico
128 comercializado em um mesmo ano. Neste sentido, mesmo este estudo não tenha
129 identificado a correlação, observa-se que o comercio de agrotóxicos cresce e as
130 legislações tendem cada vez mais se tornarem mais flexíveis para seu uso, impactando
131 diretamente na natureza e na saúde pública.

132 Neste estudo deve-se salientar que a qualidade dos dados disponibilizados
133 impacta diretamente nos resultados , pois atualização anual tardia no banco de dados da
134 saúde dos anos utilizados , o que pode inviabilizar pesquisas desta área . Assim se forem
135 considerandos os dados dos anos de 2013 à 2016 (4 anos), que são mais confiáveis, e
136 considerando a soma do volume comercializado e a soma do número de casos, a
137 correlação aumenta, ficando em $r=0,55$. Porém, precisaríamos de mais anos para termos
138 uma melhor indicação de correlação.

139 Sendo assim serve de alerta para os órgãos regulatórios dar mais importância para
140 a exatidão das informações ligadas a saúde pública e sua atualização , para o
141 desenvolvimento e fomento de pesquisas deste assunto.

142142

143143

144144

145145

146 REFERÊNCIAS

147

148 CARSON, R. **Silent Spring**. New York: Houghton and Mifflin, 1994

149 RIBAS, Priscila Pauly; MATSUMURA, Aida Terezinha Santos. **A química dos**
150 **agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente**. Revista Liberato, v. 10, n. 14,
151 2009.

152 ANDREOLI, Cleverson Vitório; HOPPEN, C.; FERREIRA, Andréia Cristina.

153 **Avaliação dos níveis de agrotóxicos encontrados na água de abastecimento nas**
154 **regiões de Curitiba e Londrina**. Separata de: SANARE. Curitiba, v. 12, p. 16-25, 2000.

155 ABRAMOVAY, Ricardo. **Agricultura familiar e uso do solo. São Paulo em**
156 **perspectiva**, v. 11, n. 2, p. 73-78, 1997..

157 MARTELL, L. **Ecology and society**. Polity Press: Oxford, 1994158 McCORMICK, J. **Rumo ao paraíso**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1992. caps. 1 a 4.

159 BELIK, Walter. **Agroindústria e reestruturação industrial no Brasil: elementos para**
160 **uma avaliação**. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 1/3, p. 58-75, 1994.

161 BEDOR, C. N. G. **Estudo do potencial carcinogênico dos agrotóxicos empregados na**
162 **fruticultura e sua implicação para a vigilância da saúde**. 2008. 115 f. Tese (Doutorado
163 em Saúde Pública) – Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, Recife, 2008. Disponível em:
164 <<http://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/3907/2/000014.pdf>>. Acesso em: 21 mai.
165 2013.

166 CONSELHO NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. **A**
167 **Segurança Alimentar e Nutricional e o Direito Humano à Alimentação Adequada**
168 **no Brasil: indicadores e monitoramento da constituição de 1988 aos dias atuais**.
169 Brasília, DF. Novembro de 2010. 284 páginas.

170 IBGE. **Uso de agrotóxicos no estado do Paraná: safra 1998/1999/IBGE**. Diretoria de
171 Pesquisas e Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, RJ, 2001. 54 p. Disponível em:
172 <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS-RJ/7308.pdf>>.

173 Acesso em: 19 mai. 2018.

174 PERES, F.; MOREIRA, J. C. **Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de**
175 **agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro**. BrasilCad.

- 176 **Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 23 Sup 4:S612-S621, 2007. Disponível em:
177 <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23s4/13.pdf>> . Acesso em: 21 mai. 2018.
- 178 RANGEL, C. F.; ROSA, A. C. S.; SARCINELLI, P. N. **Uso de agrotóxicos e suas**
179 **implicaçõesnaexposição ocupacionalecontaminaçãoambiental**. Cad. Saúde Colet.,
180 Rio de Janeiro, 19 (4): 435-42-435. 2011. Disponível
181 em:<[http://www.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/2011_4/artigos/csc_v19n4_435-](http://www.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/2011_4/artigos/csc_v19n4_435-442.pdf)
182 [442.pdf](http://www.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/2011_4/artigos/csc_v19n4_435-442.pdf)> . Acesso em: 21 mai. 2018.
- 183 RODRIGUES, W. COSTA. **Metodologia Científica**. FAETEC/IST, Paracambi, 2007.
184 Disponível em: <[http://professor.ucg.br/sitedocente/admin/arquivosupload/](http://professor.ucg.br/sitedocente/admin/arquivosupload/3922/material/willian%20costa%20rodrigues_metodologia_cientifica.pdf)
185 [3922/material/willian costa rodrigues_metodologia_cientifica.pdf](http://professor.ucg.br/sitedocente/admin/arquivosupload/3922/material/willian%20costa%20rodrigues_metodologia_cientifica.pdf)>. Acesso em: 18
186 mai. 2018.
- 187 SESA/PR. 2003.**Intoxicações por Agrotóxicos no Paraná Segundo a Ocupação**.
188 Disponível em:<[http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/zoonoses_intoxicacoes/](http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/zoonoses_intoxicacoes/dados_toxic/intoxicacoes_agrotoxicos_1998_2003_segundo_ocupacao.gif)
189 [dados_toxic/intoxicacoes_agrotoxicos_1998_2003_segundo_ocupacao.gif](http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/zoonoses_intoxicacoes/dados_toxic/intoxicacoes_agrotoxicos_1998_2003_segundo_ocupacao.gif)> . Acesso
190 em: 23 de mai. 2018.
- 191 SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma**
192 **avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**.
193 2010. 150 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública
194 Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:
195 <http://bvssp.iciet.fiocruz.br/pdf/25520_tese_wagner_25_03.pdf>. Acesso em: 19 mai.
196 2013.dados_toxic/intoxicacoes_agrotoxicos_1998_2003_segundo_ocupacao.gif> .
197 Acesso em: 23 de mai. 2018.
- 198 SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente:uma**
199 **avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**.
200 2010. 150 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública
201 Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010. Disponível
202 em:<http://bvssp.iciet.fiocruz.br/pdf/25520_tese_wagner_25_03.pdf>. Acesso em: 19
203 mai. 2018.
- 204 BALSAN, Rosane. **IMPACTOS DECORRENTES DA MODERNIZAÇÃO DA**
205 **AGRICULTURA BRASILEIRA1. CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia**
206 **agrária**, v. 1, n. 2, 2006.

- 207 SPADOTTO, Claudio A. et al. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos:**
208 **princípios e recomendações. Embrapa Meio Ambiente-Documents (INFOTECA-**
209 **E), 2004.**
- 210 BARBOSA, Luiz Renato. **Uso de agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ao**
211 **meio ambiente: um estudo com agricultores da microbacia hidrográfica do Ribeirão**
212 **Arara no Município de Paranavaí, PR. 2014.**
- 213 DACOSTA DALLEFI, Nayara Maria Silvério; SIQUEIRA, Fatima Aparecida Oliveira.
214 **OS IMPACTOS AMBIENTAIS PRODUZIDOS PELO USO DE AGROTÓXICOS**
215 **E A RESPONSABILIDADE CIVIL.**
- 216 AGRAW. **Complete guide to generic pesticides.** 2007. Disponível em: Acesso em: 18
217 outubro 2018.
- 218 ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (ANDEF) **Tecnologia em**
219 **primeiro lugar: o Brasil a caminho de se tornar maior produtor mundial de grãos.**
220 *Revista Defesa Vegetal.* maio de 2009.
- 221 TERRA, F. H. B. **A Indústria de Agrotóxicos no Brasil. 156f. Dissertação de**
222 **Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico da**
223 **Universidade Federal do Paraná.** Curitiba, 2008.
- 224 DO AMARAL, Marcelo Rubens dos Santos et al. **Apostila do Curso de Extensão:**
225 **Software Estatístico Livre R.** 2010.
- 226 GARCIA, Eduardo Garcia; BUSSACOS, Marco Antonio; FISCHER, Frida Marina.
227 **Impacto da legislação no registro de agrotóxicos de maior toxicidade no Brasil.**
228 **Revista de saúde Pública,** v. 39, n. 5, p. 832-839, 2005.
- 229 BOMBARDI, Larissa Mies. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões**
230 **com a União Europeia. Laboratório de geografia agrária FFLCH-USP.** São Paulo,
231 2017.
- 232 INCA, Disponível em: [http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionam](http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionamento_do_inca_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf)
233 [ento_do_inca_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf](http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionamento_do_inca_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf). Acesso 29 de novembro, 2018.
234
- 235 AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle.
236 **Journal of the Royal Statistical Society,** London, v. 51, p. 469-483, 1973.
237

- 238 CRESSIE, N. A. C. **Statistic for spatial data**. Edição revisada. New York: John Wiley
 239 & Sons, 1993. 900p.
 240
- 241 FILLIBEN, J. J. The probability plot correlation coefficient test for normality.
 242 **Technometrics**, Alexandria, v. 17, n. 1, p. 111-117, 1975.
- 243 GOMES, P. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000.
 244 477 p.
 245
- 246 ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**.
 247 New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
 248248
- 249 JOHANN, J. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G.; ROCHA, J. V. Variabilidade
 250 espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em uma área experimental de
 251 agricultura de precisão com e sem manejo localizado.
 252252
- 253 JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**.
 254 Madison: Prentice Hall International, 1982. 607p.
 255255
- 256 JOURNAL, A. G. **Fundamentals of geostatistics in five lessons**. Washington:
 257 American Geophysical Union, 1989. 40p.
 258258
- 259 JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London: Academic
 260 Press, 1978. 600p.
- 261 KITANIDIS, P. Statistical estimation of polynomial generalized covariance functions
 262 and hydrologic applications. **Water Resources Research**, Novo México, v. 19, p.909-
 263 921, 1983.
 264
- 265 MARDIA, K; MARSHALL, R. Maximum likelihood estimation of models for residual
 266 covariance in spatial regression. **Biometrika**, Alemanha, v. 71, p. 135-146, 1984.
 267267
- 268 McBRATNEY, A.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms os soil
 269 properties and fitting them to sample estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37,
 270 p. 617-639, 1986.
 271

272 MELLO, J.M.; BATISTA, J.L.F.; RIBEIRO JR, P.J.; OLIVEIRA, M.S. Ajuste e seleção
273 de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de
274 *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 69, p.25-37, dez. 2005.

275275

276276

277277

278278