

**Andréa Renilda Silva Soares**

**Correlações entre o uso de agrotóxicos e notificações de intoxicação  
na região Nordeste do Brasil**

**RECIFE-PE**

**23 fevereiro de 2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA**

**Correlações entre uso de agrotóxicos e notificações de intoxicação na região  
Nordeste do Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Biometria e Estatística Aplicada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Estatística Aplicada e Experimental

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes.

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Samuel Alves da Silva

**RECIFE - PE**

**23 de fevereiro de 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S676c Soares, Andréa Renilda Silva  
Correlações entre o uso de agrotóxicos e notificações de intoxicação na região Nordeste do Brasil /  
Andréa Renilda Silva Soares. - 2022.  
66 f. : il.

Orientador: Romulo Simoes Cezar Menezes.  
Coorientador: Antonio Samuel Alves da Silva.  
Inclui referências e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em  
Biometria e Estatística Aplicada, Recife, 2022.

1. Consumo de agrotóxico. 2. Intoxicação. 3. Lavouras. 4. Princípios ativos. I. Menezes, Romulo Simoes  
Cezar, orient. II. Silva, Antonio Samuel Alves da, coorient. III. Título

---

CDD 519.5



Gratidão a Deus por iluminar minha mente  
nos momentos de aflição e a minha família  
por sempre me apoiar.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me proporcionado chegar até aqui.

Aos professores Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes e Antonio Samuel Alves da Silva pela oportunidade de me orientar na conclusão deste trabalho.

Agradeço também a banca examinadora, professor Dr. Moacyr Cunha Filho e professora Dr. Ana Patrícia Tavares Siqueira Falcão pela contribuição no presente trabalho.

Aos professores que estudei durante o curso.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, minha instituição de formação da Pós-Graduação e ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo auxílio financeiro, que foi determinante para o aprimoramento da dissertação.

E minha família pelo incentivo e amigos (as) pela parceria.

A todos, meu muito obrigada!

Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar a dinâmica do consumo de agrotóxicos em lavouras temporárias e permanentes através das correlações entre o uso de agrotóxicos e os registros de intoxicação por agrotóxicos da população do Nordeste brasileiro para o ano de 2019. Foi aplicado o Método de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade e o teste de correlação de Spearman para correlacionar à quantidade de litros de agrotóxicos consumidos e o coeficiente médio da intoxicação aguda, subaguda e crônica por estes produtos na região. Para a pesquisa foram obtidos dados de área plantada de lavouras na Produção Agrícola Municipal (PAM) do Sistema IBGE de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-SIDRA), para o ano de 2019. Selecionaram-se 11 culturas temporárias e permanentes de maior expressão no Nordeste. As estimativas das quantidades de agrotóxicos utilizados e seus princípios ativos foram estimadas para as culturas agrícolas selecionadas para cada estado do Nordeste, assim como a estimativa total para toda a região Nordeste. Já os indicadores de saúde analisados foram tipo de intoxicação aguda (intoxicação por agrotóxicos), subaguda (malformação fetal) e crônica (câncer infanto-juvenil) obtidos no Departamento de Informática do SUS (DATASUS) do Ministério da Saúde. A região Nordeste apresentou um alto consumo de agrotóxicos, tendo um consumo de ingredientes ativos de, aproximadamente, 2.456 milhões de litros. Este consumo foi regido em maior predominância no milho com 32% das áreas cultivadas, seguidos da cana-de-açúcar (21%), soja (18%), feijão (17%) e mandioca (6%). Foi verificado o número de intoxicações do tipo aguda, subaguda e crônica, sendo esses casos interligados com a exposição ocupacional, alimentar e ambiental da população da região. O estado de Pernambuco foi o que apresentou maior coeficiente médio de intoxicações agudas com 8,87 para cada 100.000 habitantes. Em relação às intoxicações subagudas e crônicas, os maiores coeficientes médios foram verificados nos estados de Sergipe (17,13) e Alagoas (1,84), respectivamente. Correlacionando dados do uso de agrotóxicos com os de saúde foram observados que não foi significativo, porém partindo do princípio da precaução e considerando  $p$ -valor  $< 20\%$  as variáveis intoxicação aguda e consumo de agrotóxicos (0,152), intoxicação subaguda e consumo de agrotóxicos (0,170) considerando significativos e a partir desta justificativa, torna-se relevante o presente estudo como um

alerta da necessidade de se monitorar o potencial impacto dos agrotóxicos sobre a saúde da população na região Nordeste.

Palavras-chave: Consumo de agrotóxico; Intoxicação; Lavouras; Princípios ativos.

## ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the dynamics of pesticide consumption in temporary and permanent crops through the correlations between pesticide use and pesticide poisoning records in the population of Northeastern Brazil for the year 2019. The Shapiro-Wilk Method was applied to evaluate normality and Spearman's correlation test was applied to correlate to the amount of liters of pesticides consumed and the average coefficient of acute, subacute and chronic poisoning by these products in the region. For the research, data on planted area of crops were obtained from the Municipal Agricultural Production (PAM) of the IBGE System of Automatic Recovery of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE-SIDRA), for the year 2019. Eleven temporary and permanent crops of greater expression in the Northeast were selected. Estimates of the amounts of pesticides used and their active ingredients were estimated for the selected agricultural crops for each state in the Northeast, as well as the total estimate for the entire Northeast region. The health indicators analyzed were acute (agrochemical intoxication), subacute (fetal malformation) and chronic (childhood cancer) intoxication obtained from the Department of Informatics of the SUS (DATASUS) of the Ministry of Health. The Northeast region presented a high consumption of pesticides, with a consumption of active ingredients of approximately 2,456 million liters. This consumption was ruled in greater predominance by corn with 32% of cultivated areas, followed by sugar cane (21%), soy (18%), beans (17%) and manioc (6%). The number of poisonings of the acute, subacute and chronic type was verified, these cases being interconnected with occupational, food and environmental exposure of the population of the region. The state of Pernambuco had the highest average coefficient of acute poisonings with 8.87 for every 100,000 inhabitants. In relation to subacute and chronic intoxications, the highest average coefficients were seen in the states of Sergipe (17.13) and Alagoas (1.84), respectively. Correlating data from the use of pesticides with those of health was observed that it was not significant, but starting from the precautionary principle and considering  $p$ -value  $< 20\%$  the variables acute intoxication and consumption of pesticides (0.152), subacute intoxication and consumption of pesticides (0.170) considering significant and from this

justification, the present study becomes relevant as a warning of the need to monitor the potential impact of pesticides on the health of the population in the Northeast region.

Keywords: Pesticide consumption; Poisoning; Crops; Active ingredients.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolução das Vendas de Ingredientes Ativos no Brasil. ....	9
Figura 2: Nordeste do Brasil.....	23
Figura 3: Predominância de lavouras agrícolas na região Nordeste 2019. ....	33
Figura 4: População por unidade federativa referente ao ano de 2018.....	35
Figura 5: Notificações de casos de intoxicações por agente tóxico: agrícola, veterinário e raticida na região Nordeste 2017-2019. ....	37
Figura 6: Notificações de casos de malformação fetal por unidade federativa 2017-2019. ....	37
Figura 7: Notificações de casos de mortalidade da doença câncer em faixa etária de 0-19 anos caracterizada como infanto-juvenil por unidade federativa 2017-2019.....	38
Figura 8: Coeficiente médio de saúde: aguda (SINAN), subaguda (SINASC) e crônica (SIM) 2017-2019 na região Nordeste. ....	39
Figura 9: Coeficiente médio de saúde: aguda, subaguda e crônica 2017-2019 por estados da região Nordeste.....	41

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Ranking dos 10 Princípios Ativos mais comercializados no Brasil (2018).....	10
Tabela 2: Testes Estatísticos Não paramétricos segundo Siegel (1975). .....	20
Tabela 3: Valores dos coeficientes de correlação. ....	22
Tabela 4: Área plantada ou destinada à colheita (hectares) das culturas permanentes de estudo por unidade federativa região Nordeste 2019.....	27
Tabela 5: Área plantada ou destinada à colheita (hectares) das culturas temporárias de estudo por unidade federativa região Nordeste 2019.....	29
Tabela 6: Ingredientes ativos registrados no AGROFIT para as culturas analisadas. ...	30
Tabela 7: Área plantada ou destinada à colheita, média de uso por hectare e consumo de agrotóxicos por tipo de lavoura no Nordeste, 2019. ....	32
Tabela 8: Área plantada ou destinada à colheita dos cultivos analisados e seus respectivos consumos de agrotóxicos de lavouras agrícolas por unidade federativa da região Nordeste 2019. ....	32
Tabela 9: Predominância de lavouras agrícolas por unidade federativa região Nordeste 2019. ....	34
Tabela 10: p-Valor e Valor de $\rho$ da Correlação de Spearman entre variável coeficiente médio de intoxicação (2017-2019) e variável consumo de agrotóxicos (2019). ....	42

**ÍNDICE DE EQUAÇÕES**

Equação 1: Fórmula para realizar o cálculo do coeficiente de correlação Pearson Spearman.....	21
Equação 2: Coeficiente médio de saúde.....	40

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	OBJETIVOS .....	3
2.1	– Geral .....	3
2.2	– Específicos.....	3
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1	REGIÃO NORDESTE.....	4
3.1.1	Características .....	4
3.1.2	Agricultura na Região Nordeste .....	5
3.1.3	Meio Ambiente na Região Nordeste.....	6
4	AGROTÓXICOS .....	7
4.1	Definição e Classificação.....	7
4.2	Uso de Agrotóxicos no Brasil .....	8
4.3	Uso de Agrotóxicos na Região Nordeste .....	11
4.4	Consequências e Perigos Toxicológicos e Ambientais .....	12
4.5	Pacote do Veneno.....	13
5	TESTES DE NORMALIDADE .....	14
5.1	Aplicação do Teste de Shapiro-Wilk .....	18
6	TESTES NÃO PARAMÉTRICOS .....	19
6.1	Correlação de Spearman.....	20
6.2	Interpretação de coeficiente de correlação.....	21
7	METODOLOGIA.....	22
7.1	Caracterização da Área de Estudo .....	22
7.2	Métodos .....	23
7.3	Obtenção dos dados.....	24
7.3.1	Área plantada das lavouras e uso de agrotóxicos .....	24
7.3.2	Indicadores de saúde .....	25
7.4	Análise Estatística.....	26
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
8.1	Área plantada das lavouras e uso de agrotóxicos.....	27
8.2	Indicadores de saúde .....	35
8.3	Correlação entre uso de agrotóxicos e saúde.....	41
9	CONCLUSÕES.....	43
10	REFERÊNCIAS .....	44
	ANEXOS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

Os agrotóxicos são substâncias amplamente empregadas na agricultura e que apresentam como finalidade proteger os produtos agrícolas contra os danos nocivos de seres vivos, sejam eles espécies espontâneas, insetos, fungos, protozoários ou bactérias (BASTOS et al., 2020). No Brasil houve uma ampliação na utilização de agrotóxicos no período de 1960 e 1970 através da intensificação tecnológica que modernizou o setor agrícola e promoveu um aumento expressivo na produtividade (VASCONCELLOS et al., 2020).

O Brasil é um dos principais consumidores de agrotóxicos no mundo, influenciado pela agricultura de exportação, nas monoculturas e no uso intensivo do solo. No ano de 2008 o país se tornou o maior consumidor de agrotóxico em todo o mundo (CARNEIRO et al., 2015). Na região Nordeste, o consumo destes produtos vem crescendo ao longo dos anos impulsionado pela produção com o objetivo de exportação associado ao uso de sementes transgênicas, como a cultura milho, laranja, café (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2017).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 2005 até metade de 2019, foram registrados 2.940 produtos classificados como agrotóxicos (MAPA, 2019). Sua aplicação é permitida em atividades agrícolas, na limpeza da área e preparação do solo, na etapa de acompanhamento da lavoura, no depósito e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens e nas florestas plantadas (INCA, 2019). São considerados como uma das ferramentas utilizadas no modelo de agricultura moderna que apresenta como principal objetivo a produtividade. O aumento na produtividade era visto como forma de elevar a oferta mundial de alimentos, pois iria reduzir a demanda por recursos de origem natural e por recursos tecnológicos para a produção de uma mesma quantidade de produtos agrícolas a serem ofertados. A produtividade tem sido gradualmente elevada no setor agrícola influenciada pela utilização de pacotes tecnológicos baseados no uso de fertilizantes, variedades melhoradas e uso de maquinários. Os agrotóxicos contribuíram com a redução das perdas causadas pelas ervas daninhas, doenças e ataques de insetos, aumentando a produtividade e reduzindo a demanda de mão-de-obra em sistemas agropecuários (SILVA, 2018).

Mesmo sendo considerados a base da agricultura moderna, os agrotóxicos são correlacionados por muitos estudiosos com a contaminação química e responsável por um complexo de problemas de saúde pública e ambiental, em especial na área rural. Parte da calda do produto aplicada acaba atingindo espécies que não são seus alvos, promovendo a poluição do ar, da água e do solo e acarretando na contaminação dos trabalhadores que realizam as aplicações e de seus familiares diretos. A deriva desses produtos no momento da aplicação também causa danos à saúde de outras pessoas oriundas de áreas agrícolas e das que consomem os alimentos com altas concentrações dessas substâncias (PLUTH et al., 2019). Assim, são inúmeros os prejuízos que podem ser causados por esses produtos, sejam para os seres humanos como para o meio ambiente.

A análise de correlação indica a relação entre duas variáveis, se ambas são independentes ou variam juntas (FERNANDES et al., 2019). Dentro dos variados métodos empregados para análise de correlação, a correlação de Spearman pode ser considerada como uma estatística baseada em postos e exige que as variáveis X e Y sejam medidas pelo menos em escala ordinal sem a necessidade de suposições em relação à distribuição conjunta das variáveis (SIEGEL, 1975).

Diante disso faz-se relevante estudar a nível de região através de análise estatística o uso de agrotóxicos e indicadores de saúde, com a finalidade de alertar aos órgãos competentes, trabalhadores rurais e consumidores nordestinos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 – Geral**

- Analisar as correlações entre o uso de agrotóxicos em lavouras temporárias e permanentes e a saúde da população do Nordeste brasileiro para o ano de 2019.

### **2.2– Específicos**

- Estimar a amplitude da utilização de agrotóxicos em lavouras temporárias e permanentes nos estados da região Nordeste do Brasil durante o ano de 2019;
- Discriminar as notificações de tipo de intoxicação com provável causa de exposição ocupacional, alimentar e ambiental do uso de agrotóxicos da população que vive nos estados da região Nordeste do Brasil;
- Estudar as correlações entre a quantidade de litros de agrotóxicos consumidos (variável independente) e o coeficiente médio da intoxicação aguda, subaguda e crônica por agrotóxicos (variáveis dependentes) nos estados do Nordeste.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 REGIÃO NORDESTE**

##### **3.1.1 Características**

A região Nordeste do Brasil possui uma área de 1.558.000 km<sup>2</sup> de todo o território nacional. Destes, 982.857,3 km<sup>2</sup> pertence ao semiárido nordestino, o que corresponde a 53,88% de toda a região nordeste. A área possui uma grande variabilidade na precipitação e altas taxas de evaporação, o que mantém a região submetida constantemente aos efeitos de secas e estiagens. A precipitação média anual local varia entre 400 mm a 800 mm (ARAÚJO, 2011).

A região é a segunda mais populosa do Brasil, perdendo apenas para a região Sudeste, com 53,1 milhões de habitantes espalhados em nove estados. Os estados que formam a região nordeste é Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, apresentando uma expressiva diferença quanto à distribuição demográfica dentro do território. Dentro da região são verificados estados populosos, enquanto outros apresentam uma diferença populacional considerável (FRANCISCO, 2021).

A vegetação local traduz as condições climáticas atuantes na região, onde uma área que possui um clima caracterizado como tropical, com altas temperaturas durante o todo ano e duas estações bem definidas, sendo uma a das chuvas e outra a da seca. A junção destes fatores originou a vegetação do tipo cerrado, a qual possui árvores de pequeno porte e arbustos, nessa faixa de terra em que se encontra o clima semiárido, predominando a caatinga, bioma considerado exclusivo do Brasil (SOUSA et al., 2017).

O relevo observado na região nordeste é a composição de planaltos, depressões e planícies. Na porção oeste é possível verificar os planaltos e chapadas da bacia do Rio Paraíba, onde fica localizada a Chapada Diamantina, enquanto que na parte central se localiza a depressão que se destaca a maior concentração de área da região Nordeste promovido pelo Rio São Francisco. No litoral situam as planícies e tabuleiros e na porção leste o planalto da Borborema, o qual é o maior influenciador da seca na região não permitindo que as chuvas cheguem ao sertão. Ainda há a

chapada do Araripe localizada na divisa entre os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (SOUSA et al., 2017).

O Nordeste brasileiro é uma das regiões mais afetadas pelas secas e estiagens. Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, esses são um dos desastres que causam 54% do total de desastres registrados no país (CEPED/UFSC, 2013). A região é afetada pelas secas desde o início de sua história decorrência da interação entre o meio físico e as estruturas socioeconômicas nele que foram instaladas (SILVA, 2019).

O cenário econômico regional atual do Nordeste permite uma grande diversidade e uma crescente heterogeneidade em suas estruturas. A região se destaca como uma das principais bacias leiteiras no país. A cadeia de produção do leite é bastante expressiva na região semiárida, sendo desenvolvidas em conjunto com a agricultura (BARBOSA et al., 2018). Já a região litorânea ganha destaque com o cultivo da cana-de-açúcar com o processamento em engenhos ou usinas visando à produção de açúcar e etanol. Outras culturas também são cultivadas em áreas de brejos e vazantes, como bananeira, batata doce, seguidos pelo fumo, milho e outras fruteiras (SILVA; SILVA, 2016).

### **3.1.2 Agricultura na Região Nordeste**

O Brasil se tornou destaque na produção de frutas devido ao sucesso no cultivo de manga, melão, uva, mamão, abacaxi e coco permitindo ao país a terceira posição como maior produtor mundial, ficando atrás, apenas, da China e da Índia (SOARES, 2017).

A região Nordeste vem ganhando destaque no cenário nacional como uma das regiões produtoras de produtos agrícolas desde a década de 1970, sendo os estados do Ceará, de Pernambuco e da Bahia se destacando devido aos investimentos governamentais, disponibilidade de mão de obra barata, irrigação e uso de agrotóxicos. A combinação desses fatores tem promovido à região uma produção cada vez mais crescente ao longo dos anos. Um exemplo é o vale do Rio São Francisco que a partir de 1970 obteve inúmeros investimentos da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASP), ligada ao extinto Ministério da Integração Nacional, que permitiu o cultivo irrigado na região (SOARES, 2017).

A região Nordeste também se destaca no cultivo de outras culturas de interesse agrícola, como é o caso da mandioca. A cultura possui sua importância por ser utilizada na alimentação humana e animal, tanto na forma natural como processada. Além disso, permite a geração de inúmeros empregos e fonte de renda, em especial nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (LIMA et al., 2020).

### **3.1.3 Meio Ambiente na Região Nordeste**

O meio ambiente na região Nordeste do país vem sofrendo inúmeros danos, em especial com o desmatamento. Os estados de Alagoas e Pernambuco são os que mais desmatam, enquanto que o leste do Ceará e o oeste do Rio Grande do Norte são as regiões que há maior preservação da Caatinga (INPE, 2015).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) realizou o mapeamento de 16% do bioma no ano de 2016 e foi verificado que dos 969 mil km<sup>2</sup> 40% da Caatinga está degradada, 42% está preservada, 8% do solo está exposto e propenso à desertificação e 8% é utilizado para o cultivo. Apenas 0,8 % correspondem a corpos de água e 0,25% a áreas urbanas.

Vasconcelos Sobrinho (1974) complementa afirmando que os principais fatores causadores do desmatamento do bioma Caatinga são a utilização da lenha nas indústrias de cerâmica no Seridó e nas indústrias de gesso em Pernambuco, o superpastejo e a mineração. Esse processo de degradação teve seu início registrado na década de 1970 nos estudos sobre a desertificação.

SILVA JUNIOR et al. (2018) em seu estudo avaliando a dinâmica espaço-temporal das queimadas no Cerrado no Estado do Maranhão evidenciaram que a sazonalidade regime das chuvas, variação da temperatura e da umidade do ar podem ter sido as principais causas. Durante o período de 2007 e 2012, o estado foi afetado por secas que promoveram o crescimento expressivo no número de queimadas. Nessa região, o desmatamento não está interligado de modo direto à ocorrência de queimadas. A vegetação de formações savânicas, constituídas pelo Cerrado sentido restrito, Parque Cerrado, Palmeiral e Vereda, foi identificada como as mais vulneráveis à incidência de queimadas, por totalizarem grande parte das recorrências e ocorrências de queimadas nessa região.

## 4 AGROTÓXICOS

### 4.1 Definição e Classificação

Os agrotóxicos também são chamados de pesticidas, agroquímicos, praguicidas ou produtos fitossanitários. No entanto, são produtos aplicados visando o controle de insetos, doenças e plantas invasoras nas lavouras, sendo sua origem química, física ou biológica (SILVA et al., 2019).

A legislação brasileira, através da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 e pelo Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, define agrotóxicos e afins no seu artigo 1º, inciso IV como sendo:

“...IV - agrotóxicos e afins - produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento...”

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da Resolução de nº 294, de 29 de julho de 2019, apresenta uma nova classificação dos agrotóxicos e afins conforme a sua função da toxicidade aguda (Quadro 1). Com essa Resolução, os agrotóxicos e afins passam de quatro para seis classificações, sendo classificados de acordo com os seus componentes, das impurezas ou de outros produtos similares.

Essa nova classificação definida pela ANVISA leva em consideração o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS). A classificação GHS foi elaborada pelas Nações Unidas e apresenta como finalidade a harmonização global da forma de classificação e rotulagem e comunicação do perigo dos produtos químicos (BRASIL, 2019).

Quadro 1: Classes Toxicológicas e suas Respectivas Cores de Faixa.

	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	CATEGORIA 5	NAO CLASSIFICADO
	EXTREMAMENTE TÓXICO	ALTAMENTE TÓXICO	MODERAMENTE TÓXICO	POUCO TÓXICO	IMPROVÁVEL DE CAUSAR DANO AGUDO	NAO CLASSIFICADO
<b>PICTOGRAMA</b>					Sem símbolo	Sem símbolo
<b>PALAVRA DE ADVERTÊNCIA</b>	PERIGO	PERIGO	PERIGO	CUIDADO	CUIDADO	Sem advertência
<b>CLASSE DE PERIGO</b>						
<b>Oral</b>	Fatal se ingerido	Fatal se ingerido	Tóxico se ingerido	Nocivo se ingerido	Pode ser perigoso se ingerido	-
<b>Dérmica</b>	Fatal em contato com a pele	Fatal em contato com a pele	Tóxico em contato com a pele	Nocivo em contato com a pele	Pode ser perigoso em contato com a pele	-
<b>Inalatória</b>	Fatal se inalado	Fatal se inalado	Tóxico se inalado	Nocivo se inalado	Pode ser perigoso se inalado	-
<b>COR DA FAIXA</b>	Vermelho PMS Red 199 C	Vermelho PMS Red 199 C	Amarelo PMS Yellow C	Azul PMS Blue 293 C	Azul PMS Blue 293 C	Verde PMS Green 347 C

Fonte: ANVISA (2019).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) apresenta sua classificação para esses produtos considerando seu potencial de periculosidade em causar danos ao meio ambiente (Quadro 2).

Quadro 2: Avaliação do Potencial de Periculosidade Ambiental.

Classe I	Produto <b>ALTAMENTE PERIGOSO</b> ao meio ambiente
Classe II	Produto <b>MUITO PERIGOSO</b> ao meio ambiente
Classe III	Produto <b>PERIGOSO</b> ao meio ambiente
Classe IV	Produto <b>POUCO PERIGOSO</b> ao meio ambiente

Fonte: IBAMA (2018).

#### 4.2 Uso de Agrotóxicos no Brasil

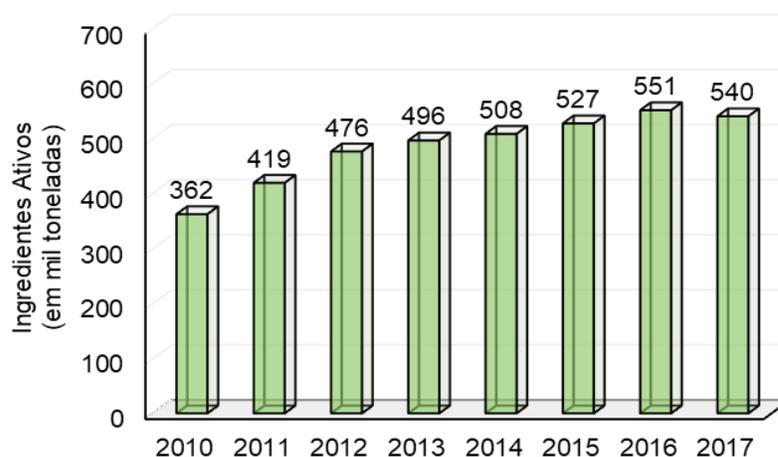
A revolução verde ocorrida no Brasil nos anos de 1960 trouxe o uso dos pacotes tecnológicos que elevaram a produção agrícola, todavia, geraram e ainda geram prejuízos ao meio ambiente. A Política empregada pela Revolução Verde impõe o aumento do consumo de agrotóxicos através do plantio de transgênicos, aumento da incidência de pragas e doenças e de créditos agrícolas subsidiados e isenção de tributos fiscais (BOTELHO et al., 2020).

A agricultura brasileira está apoiada em um modelo denominado de químico-dependente. Esse modelo é caracterizado pelas práticas agrícolas dependentes de aplicações de agrotóxicos, além de sementes híbridas e transgênicas e outros produtos de origem químico-industrial. Essa dependência está inserida em uma complexa totalidade capitalista, hegemônica pelas grandes empresas do setor (LIMA et al., 2019).

Esse modelo de agricultura desenvolvida no Brasil o colocou nas primeiras posições no *ranking* dos maiores consumidores de agrotóxicos no mundo (FAOSTAT, 2018). Em números absolutos, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos no mundo. Porém, perde sua posição para o Japão, União Europeia e Estados Unidos quando são consideradas duas variáveis, a quantidade de alimento produzida e a área plantada. Assim, o consumo desses produtos é reduzido. Em 2017, o setor agropecuário nacional usou 539,9 mil toneladas, representando um gasto de US\$ 8,8 bilhões e 20% de todo produto comercializado no mundo (BOMBARDI, 2017).

Conforme os boletins anuais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) desde 2000 mostra a elevação do consumo de agrotóxicos pelo setor agropecuário brasileiro (Figura 1). Sendo o valor máximo alcançado no ano de 2016 com um volume de 551 mil toneladas vendidas (IBAMA, 2018).

Figura 1: Evolução das Vendas de Ingredientes Ativos no Brasil.



Fonte: Adaptado do IBAMA (2018).

As culturas da soja, milho e cana-de-açúcar consomem 72% do total de agrotóxico comercializado no Brasil. Sendo o Glifosato o mais comercializado, tendo o seu consumo passando de 118 mil toneladas no ano de 2009 para 194 mil toneladas em 2014 (BOMBARDI, 2017). Os ingredientes ativos mais comercializados no país estão disponibilizados na Tabela 1.

Tabela 1: Ranking dos 10 Princípios Ativos mais comercializados no Brasil (2018).

Ingrediente Ativo	Classe	Venda (ton. IA)	Ranking
Glifosato e seus sais	Herbicida	195.056,02	1°
2,4-D	Herbicida	48.921,25	2°
Mancozebe	Fungicida	40.549,92	3°
Atrazina	Herbicida	28.799,34	4°
Acefato	Inseticida	24.656,79	5°
Dicloreto de paraquate	Herbicida	13.199,97	6°
Enxofre	Fungicida	10.409,69	7°
Imidacloprido	Inseticida	10.021,22	8°
Óleo mineral	Inseticida, Acaricida, Fungicida e Adjuvante	9.112,53	9°
Oxicloreto de cobre	Fungicida e Bactericida	8.018,65	10°

Fonte: IBAMA/Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto nº 4.074/2002. Dados atualizados em: 03/10/2019.

O setor agropecuário do país tem contribuído para a fixação deste modelo devido ao volume produzido e exportado de *commodities*. Aos agricultores familiares, os mesmos se tornam submissos aos pacotes tecnológicos comercializados pelas empresas agroquímicas e acarretando em contaminação das águas e dos solos e intoxicação aos agricultores e consumidores (LIMA et al., 2019).

Em sua maior parte, os produtos químicos causadores de intoxicações são aplicados utilizando pulverizadores costais. É no manuseio destes equipamentos

agrícolas no campo que há contato maior dos trabalhadores com os agrotóxicos, sendo o contato evitado com a utilização do EPI. A outras formas de contaminação inclui a ingestão, a respiração e a absorção térmica com as principais fontes de contaminação com esses produtos (MAIA et al., 2018).

### **4.3 Uso de Agrotóxicos na Região Nordeste**

O consumo de agrotóxicos e afins na região Nordeste é verificado em localidades isoladas, onde as atividades de fruticultura, horticultura e a produção de cana-de-açúcar são bem desenvolvidas (REYNA et al., 2020).

A prática da irrigação implantada na região do Submédio do Vale do São Francisco promoveu um desenvolvimento econômico e uma estruturação urbana local, transformando-a no mais próspero aglomerado urbano do Vale do São Francisco (FRANÇA, 2013). A fruticultura irrigada praticada nesta região tem como base o modelo de produção agrícola caracterizado pelo uso intensivo de agrotóxicos com o objetivo de se alcançar um aumento da produtividade e no crescimento econômico (BUSTAMANTE, 2009).

No estudo de Corcino et al. (2019), avaliando o efeito das aplicações de agrotóxicos sobre a saúde de trabalhadores rurais da fruticultura irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, verificaram que as culturas perenes mais expressivas são a manga, coco, goiaba e uva com 71,1%, 29,8%, 26,6% e 26,2% dos participantes entrevistados, respectivamente. O sistema agrícola empregado nesta região tem como objetivo aumentar a produtividade e alavancar a economia regional, no entanto, para alcançar esse objetivo são utilizados os agrotóxicos de modo intensivo.

Neste mesmo trabalho foram verificados 108 agrotóxicos, sendo classificados em 67 ingredientes ativos e 17 misturas, incluindo todas as classes de agrotóxicos. Tendo uma maioria no uso de inseticidas com 43,9% de todo agrotóxico aplicado, seguido dos fungicidas (24,2%), acaricida/inseticida (12,9%), acaricida/inseticida/nematicida (5,6%), herbicida (4,6%) e acaricida (3,7%). As demais classes juntas corresponderam a 5,1% do volume total. Os produtos mais expressivos no referido estudo foram os que pertencem aos grupos químicos dos Piretróides (18,4%) e dos Organofosforados (17%). Ainda foi demonstrado que 42,6% dos produtos aplicados pelos pequenos produtores na

região são extremamente tóxicos ao homem e 63% são altamente perigosos ao meio ambiente.

A professora da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (UFC), Raquel Rigotto avaliando trabalhadores na região do baixo Jaguaribe, onde fica Limoeiro do Norte – CE, entre 2007 e 2010 observou que 46,6% dos avaliados se queixaram de problemas de saúde, relacionando-os ao uso de agrotóxicos. Na avaliação clínica, 30,7% apresentaram quadro de provável intoxicação aguda por agrotóxicos. Raquel Rigotto ainda revelou que houve falhas no fornecimento e na utilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e que eram comuns o uso dos mesmos apenas quando havia a fiscalização.

#### **4.4 Consequências e Perigos Toxicológicos e Ambientais**

O emprego de agrotóxicos nas lavouras tem causado impactos ambientais, sociais e econômicos devido ao seu acesso fácil em sua aquisição, repercutindo no processo produtivo (SILVA et al., 2019). Muitas vezes são aplicados de modo errado, não levando em consideração as recomendações técnicas para seu uso. O uso inadequado e a alta toxicidade de alguns agrotóxicos associada a não utilização dos equipamentos individuais de proteção (EPI) tem causados diversas doenças e intoxicações, tanto aos consumidores como aos agricultores (TAVARES et al., 2020).

As consequências verificadas na saúde dos trabalhadores associadas aos agrotóxicos aplicados pelo setor agrícola no Brasil são intoxicação exógena aguda que causa náusea, vômito, cefaleia, tontura, desorientação, hiperexcitabilidade, irritação de pele e mucosas, dificuldade respiratória, hemorragia, convulsões, coma e até a morte. Já os efeitos crônicos promovidos por esses produtos à saúde humana são alterações imunológicas, as genéticas, as malformações congênitas e o câncer (GOMES et al., 2018).

O método principal que os seres humanos mais absorvem agrotóxicos é através da pele, seja pela não utilização dos EPIs ou pelo seu uso incorreto. No entanto, há outras formas de contaminação que podem ser por respingos ou vapores quando em contato direto com os olhos, ao esfregar as mãos contaminadas e pela inalação durante o preparo das caldas em ambientes fechados ou com pouca ventilação (BOTELHO et al., 2020).

Esses produtos aplicados nas lavouras podem ter outro destino, como os corpos d'água e os solos. As cotículas de agrotóxicos contaminam esses ambientes através do escoamento superficial contaminando águas, em especial açudes, e causando alterações físico-químicas do solo, com a destruição da microflora e a maior incidência de acidez (LIMA et al., 2019).

#### **4.5 Pacote do Veneno**

O Pacote do Veneno é referente ao Projeto de Lei (PL) nº 6.299/2002 e aos demais projetos colocados no Congresso Nacional para discussão objetivando a alteração da Lei nº 7.802 de 1989. O referido PL almeja obter uma flexibilização no sistema normativo que regulamenta o uso de agrotóxico no Brasil para que haja uma redução nos custos para o setor produtivo, incidindo principalmente nos dispositivos protetores da saúde e ambiente. A aprovação desse PL é uma estratégia das grandes indústrias transnacionais de produzir agrotóxicos e transgênicos para comercializem produtos banidos em outros países devido a sua toxicidade alta e do perigo iminente para os seres vivos e para o ambiente (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2018).

De autoria do senador Blairo Maggi e que foi ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) desde o início no governo Temer, o PL substitutivo apresenta uma visão que visa apenas os interesses e o lucro do produtor que usa agrotóxico devido não apresentar nenhuma modificação para aumentar a proteção das pessoas e dos ecossistemas, como por exemplo, a previsão de revisão de registro de forma periódica. No entanto, a mesma desconsidera o tempo necessário para identificar impactos sobre o setor agrícola nacional através de estudos técnicos e científicos. Já que a Lei regulamentadora de agrotóxico no Brasil de nº 7.802 apenas seu decreto regulamentador de nº 4.074 foi publicado em 2002 (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2018).

Algumas das mudanças sugeridas na legislação estão à designação do MAPA como único responsável pelo registro de agrotóxico no país, cabendo a ANVISA e ao IBAMA apenas a análise e homologação dos estudos apresentados pela indústria, sem poder de veto como é previsto na legislação vigente; o estabelecimento de 24 meses como prazo máximo para avaliação dos estudos visando o registro e a autorização temporária através da aprovação em pelo menos três países da OCDE (Organização

para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico); a substituição do termo agrotóxico por pesticida na Lei nº 7.802/1989 e na Constituição Brasileira (art. 23 e 24), pois o termo agrotóxico ou biocida aumentam o alerta contra potenciais danos de tais produtos; o país fica autorizado a produzir produtos não registrados no território nacional com destino exclusivo a exportação, sendo apenas comunicado e, assim, os danos ambientais e humanos não serão estimados; no país fica autorizado o profissional da área prescrever agrotóxico preventivamente antes do ataque de “pragas” sem a necessidade de uma visita técnica prévia para prescrever adequadamente o agrotóxico de acordo com as características locais; e deixam de ser proibidos agrotóxicos cancerígenos, que causem mutação no material genético, causem problemas hormonais e reprodutivos e malformações fetais (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2018).

## **5 TESTES DE NORMALIDADE**

Para que seja possível realizar muitas inferências válidas a respeito de parâmetros populacionais se faz necessário uma suposição de normalidade dos dados experimentais ou amostrais. Foram desenvolvidas variadas metodologias para estimar e realizar testes de hipóteses supondo que a amostra aleatória tenha sido extraída de uma população normal (CANTELMO; FERREIRA, 2007).

A suposição de normalidade pode ser univariada ou multivariada, sendo ambas exigidas em muitos modelos estatísticos e métodos de análise de dados (MELO; FERREIRA, 2017). Pesquisas que aplicam a univariada costumam utilizar aderência qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors e Shapiro-Wilk. Já no caso da aplicação das multivariadas, em geral, os testes observados são extensões daqueles propostos para o caso univariado (CIRILLO; FERREIRA, 2003).

Em casos de estudos que aplicam regressão linear, testam-se a normalidade dos resíduos. Caso a premissa seja inválida, os resultados encontrados na regressão são comprometidos. Assim, fica destacada a importância do teste de normalidade, já que influencia diretamente na confiabilidade e na qualidade das pesquisas científicas. A não aplicação pode acarretar em resultados e conclusões equivocadas (MELO; FERREIRA, 2017).

Para a realização da avaliação da normalidade de um conjunto de dados devem iniciar com a visualização de seu histograma, com o objetivo de se verificar grandes assimetrias, descontinuidades de dados e picos multimodais. Deve-se levar em consideração que, na análise de subgrupos ou em comparações múltiplas, todas as categorias ou subamostras sujeitas à análise devem ser submetidas à avaliação da normalidade e não apenas a amostra global (MIOT, 2017).

Korzenowski e Werner (2014) afirmam que a abordagem em relação às probabilidades de erro em testes de hipóteses estatísticas pode ocorrer o erro do tipo I, os quais são rejeitados quando a hipótese é nula sendo ela considerada verdadeira, e tipo II, quando não se rejeita a hipótese nula e ela é considerada falsa.

Os testes de normalidade disponíveis sofrem interferência do tamanho amostral quanto à sua eficiência. Em amostras pequenas (entre 4 e 30 unidades), há inflação do erro tipo I, sendo preferidos os testes de Shapiro-Wilk e Shapiro-Francia (maior especificidade). À medida que aumentam as amostras, especialmente acima de 500 unidades, todos os testes apresentam melhores desempenhos. Entretanto, é conveniente adotar o nível de significância de  $p < 0,01$ , devido o inflacionamento do erro tipo II causado pelo aumento amostral (perda de sensibilidade) (TORMAN, et al., 2012; HENDERSON, 2006; LE BOEDEC, 2016).

O teste de D'Agostino-Pearson foi desenvolvido para atender casos com amostras mais numerosas ( $n > 100$ ). Nesses casos apresentam desempenho aproximado ao do Shapiro-Wilk. Já o teste desenvolvido por Jarque-Bera e o de Anderson-Darling apresentam desempenho satisfatórios quando aplicados na avaliação de normalidade em amostras maiores que 50 unidades (TORMAN, et al., 2012; LEOTTI et al., 2005; MENDES; PALA, 2003).

O teste de Kolmogorov-Smirnov é recomendado quando se busca a verificação de aderência da amostra a distribuições com outros parâmetros, pois o mesmo é superado pelos outros testes já descritos para testar a normalidade dos dados. Em contrapartida, a aplicação da correção de Lilliefors proporciona uma alternativa para analisar normalidade quando a distribuição se apresentar com muitos dados extremos e a amostra for superior a 30 unidades (MENDES; PALA, 2003).

Para verificar amostras independentemente do formato de sua distribuição, as chamadas amostras estatísticas não paramétricas, há disponíveis inúmeras técnicas estatísticas, como os testes desenvolvidos por Mann-Whitney que possuem como finalidade comparar a média de determinada variável (ordinal ou quantitativa) em amostras que tiveram a hipótese de normalidade violada (FÁVERO et al., 2009). Isto foi verificado no estudo de Silva et al. (2019), no qual analisou a influência dos gastos públicos sobre a eficiência na utilização das receitas nas Unidades da Federação (UFs) Brasileira. Neste caso, o teste Mann-Whitney revelou que os estados maiores tenderam a apresentar maior eficiência, e estados menores tenderam a apresentar maiores gastos.

O teste de Wilcoxon é considerado uma alternativa na ausência da suposição de normalidade, pois se torna mais fácil na prática garantir a simetria do que a normalidade quando se considera que os dados são oriundos de uma distribuição simétrica (CONOVER, 1971).

Já o teste de Kruskal-Wallis é um método não-paramétrico de ampla utilização em ciências biológicas e que pode ser aplicado em estudos agroecológicos. É considerado fácil de ser executado e a não exigência das suposições de normalidade da variável, nem homogeneidade de variâncias entre os tratamentos. Neste, a distribuição teórica populacional dos dados não precisa ser estimada pelas médias ou variâncias amostrais para sua correta aplicação (ZAR, 1999). Bianconi et al. (2008) aplicou o teste de Kruskal-Wallis em uma situação hipotética com *Lycopersicum esculentum* discutindo aspectos conceituais e práticos enfatizando os possíveis danos que pudessem ser gerados pelo procedimento arbitrário em um sistema agroecológico.

O teste de Jonckheere-Terpstra foi empregado por Araújo Júnior et al. (2019) para associar a fragilidade com o perfil sociodemográfico e cognição de idosos residentes em contexto de alta vulnerabilidade social cadastrado em um centro de referência de assistência social em São Carlos – SP.

Para analisar a evolução das médias intragrupo visando à avaliação da influência da atividade física na pressão arterial de pacientes idosos hipertensos sob tratamento não farmacológico (TNF) Barroso et al. (2008) aplicaram o teste paramétrico de Friedman.

Soares et al. (2003) aplicaram o Coeficiente de Spearman-Brown em seu estudo avaliando as propriedades psicométricas da adaptação portuguesa da Escala Multidimensional de Perfeccionismo (EMP).

Essas técnicas funcionam substituindo os dados originais por postos ordenados (*ranks*) de acordo com a escala de dados. Em geral, esses testes apresentam maior erro tipo II, especialmente quando as amostras forem de inferior dimensão ( $n < 30$ ). Além de deixarem menos generalizáveis as medidas de efeito (NORMAN; STREINER, 2014; LE BOEDEC, 2016).

A transformação dos dados com a finalidade de sua normalização é uma alternativa bastante comum em amostras com distribuição dos dados inclinada para a direita ou esquerda. As mais empregadas são a raiz quadrada, transformações logarítmicas, exponenciais, angulares ( $\arcsen$ ) e hiperbólicas ( $1/x$ ). No entanto, deve-se considerar que as transformações dos dados alteram a escala entre as medidas influenciando a interpretação direta e a generalização das medidas de efeito. Do mesmo modo que as técnicas que empregam postos ordenados (*ranks*) (MALTENFORT, 2016).

Pode-se também optar por estratégias de análise de dados para distribuições especiais, como gama, uniforme, lognormal, beta, Tweedie, Poisson, binomial negativo, Weibull entre outras, chamadas de modelos lineares generalizados. Tais análises têm a vantagem de trabalhar com os valores e a dimensão do efeito na escala original. Porém, pela maior complexidade dos processos analíticos, recomenda-se o auxílio de um profissional estatístico experiente (BEBU; MATHEW, 2008; SALWAY; WAKEFIELD, 2008).

Em certas técnicas analíticas multivariadas, como a MANOVA, análise de componentes principais e análise fatorial exploratória, ou em análise de medidas repetidas há a necessidade de comprovação da normalidade multidimensional (esfericidade dos dados) (NORMAN; STREINER, 2014; TOBIAS; CARLSON, 1969).

As estratégias de avaliação dos dados quanto ao ajuste à distribuição normal devem ser descritas adequadamente na metodologia, sendo essenciais ao sucesso do processo investigativo. Além de demonstrar o cuidado do pesquisador com a análise dos dados, garantindo uma maior credibilidade aos seus resultados (MIOT, 2017).

### 5.1 Aplicação do Teste de Shapiro-Wilk

O teste Shapiro-Wilk foi proposto em 1965 e é baseado na estatística  $W$ . Utilizado para a verificar se os dados seguem distribuição normal, sendo o mais indicado quando o tamanho da amostra é inferior a 30 (SHAPIRO; WILK, 1965).

$$W_{calc} = \frac{b^2}{SQD}$$

Onde,

$$b = \sum_{i=1}^{N/2} a_{N-i+1} (x_{N-i+1} - x_i)$$

e

$$SQD = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

SQD é a soma dos quadrados dos desvios.

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

- Sendo:  $m$  os valores esperados da estatística de ordem da normal padrão para uma amostra de tamanho  $n$ .

$$m = (m_1, \dots, m_n)^T \text{ onde } m = \frac{n}{2} \text{ se } n \text{ é par e } m = \frac{n-1}{2} \text{ se } n \text{ for ímpar.}$$

- $V$  Matriz de covariância correspondente.
- Observação: Os coeficientes  $a_{N-i+1}$  podem ser obtidos diretamente da tabela para o teste de  $W$  de normalidade de Shapiro-Wilk (Anexo A).

Para que se possa aplicar o teste de Shapiro-Wilk deve-se seguir uma sequência, que se inicia com:

1. Formulação da Hipótese:

$$\begin{cases} H_0: A amostra provém de uma população normal \\ H_1: A amostra não provém de uma população normal \end{cases}$$

2. Estabelecer o Nível de significância do teste ( $\alpha$ ), normalmente 0,05;

3. Determinar o valor crítico do teste  $W_{0,05;20} = 0,905$  (Anexo B).

## 6 TESTES NÃO PARAMÉTRICOS

Um teste não paramétrico caracteriza por não testar parâmetros e sim modelos, dependência ou independência entre as variáveis e aleatoriedade das amostras. Necessitam de menos pressupostos para as distribuições, além de serem menos exigentes do que os paramétricos. Esses tipos de testes possuem como base dados ordinais e nominais e são úteis para a análise de amostras grandes, em que os pressupostos paramétricos não se verifiquem. O teste também pode ser aplicado em análises com amostras muito pequenas com distribuição do resultado desconhecida e caso não seja possível de presumir uma distribuição aproximadamente normal. Por não estarem condicionados por qualquer distribuição de probabilidades dos dados em análise são também designados por *distribution-free test* (SULLIVAN, 2017).

As aplicações de testes não paramétricos devem ser evitadas em casos onde prevalecem as condições de utilização dos testes paramétricos, pois estes são considerados mais robustos. No entanto, devem ser aplicados quando a distribuição da população e de seus parâmetros não é bem conhecida, ou seja, a distribuição não é normal. Spiegel (1975) apresenta os principais testes não paramétricos a partir de uma classificação estabelecida de acordo com o nível de mensuração e o número de amostras que se pretende relacionar, conforme a Tabela 2.

A aplicação de teste não paramétrico foi essencial para Cunha Filho et al (2020), em seu estudo em municípios do agreste pernambucano, avaliar as variáveis precipitação e a produção leiteira através da Correlação de Spearman a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). Os autores concluíram neste estudo que a correlação entre a

produção de leite e a precipitação foi negativa, enquanto que a associação da tecnologia com o conhecimento se pode obter produções satisfatórias de leite na região avaliada.

Tabela 2: Testes Estatísticos Não paramétricos segundo Siegel (1975).

Testes Estatísticos Não Paramétricos					
Nível de mensuração	Uma amostra	Duas amostras		K amostras (k>2)	
		Dependentes Emparelhadas	Independentes	Dependentes Emparelhadas	Independentes
Nominal	Binominal	McNemar	Fisher	Q de Cochran	Qui-quadrado
	Qui-quadrado		Qui-quadrado		
Ordinal	Kolmogorov-Smirnov	Sinais Wilcoxon	Mediana	Friedman	Extensão da mediana Kruskal-Wallis
	Interações		Mann-whitney		
		Kolmogorov-Smirnov			
		Wald-Wolfowitz			
Intervalar		Walsh	Moses		
		Aleatoriedade	Aleatoriedade		

Fonte: Adaptado de Spiegel (1975).

### 6.1 Correlação de Spearman

A correlação de Spearman consiste na medição da intensidade das variáveis ordinais. Assim, não é utilizando valores e sim as ordens das observações utilizadas. Essa correlação é uma medida não paramétrica que também permite mensurar o nível de intensidade correlativa pelo intervalo entre -1 e 1. Quanto maior for à proximidade dos extremos, maior associabilidade ocorrerá entre as variáveis (SIEGEL, 1975).

A fórmula de cálculo do Coeficiente de Spearman encontra-se descrita na Equação

1.

Equação 1: Fórmula para realizar o cálculo do coeficiente de correlação Pearson Spearman.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Fonte: Siegel (1975)

Onde,  $n$  é o número de pares  $(x_i, y_i)$  e  $d_i = (\text{postos de } x_i \text{ dentre os valores de } x) - (\text{postos de } y_i \text{ dentre os valores de } y)$  (FERREIRA et al., 2020).

Se os pontos de  $x$  são exatamente iguais aos pontos de  $y$ , então todos os demais serão zero e  $\rho$  será 1. Dessa forma, correlações realizadas buscarão identificar qual a relação existente entre as variáveis, objeto de pesquisa e que justificariam o aumento ou diminuição do coeficiente médio de intoxicação. Isto é, a correlação desses fatores buscou realizar a fusão de variáveis para a construção de um cenário mais crítico com relação à interpretação da real interferência da variável consumo com relação os ingredientes ativos utilizados nas lavouras da região, o que tende a ser um suporte de grande valia para mais ações de vigilância em saúde e assistência técnica a população que vivem na localidade (FERREIRA et al., 2020).

Quando os valores de p-valor são inferiores a 0,05, a correlação é considerada significativa ao nível de 5%. Outros valores podem ser utilizados (PONTES, 2000).

## 6.2 Interpretação de coeficiente de correlação

O valor de  $r$  varia de -1 a +1. No entanto, seu valor absoluto varia de 0 a 1, daí o pressuposto dos valores serem expressos em porcentagem, tendo uma variação de 0 a 100%. Relativamente, o sinal negativo e positivo indica que a reta é decrescente e crescente, respectivamente (SILVA; SILVA, 2002). Da mesma maneira segue a interpretação do Coeficiente de Correlação de Spearman (Tabela 3).

Tabela 3: Valores dos coeficientes de correlação.

<b>Valor de <math>\rho</math> (+ ou -)</b>	<b>Interpretação</b>
0,00,	Nula
0,01 a 0,20	Íntima fraca
0,21 a 0,40	Fraca
0,41 a 0,60	Moderada
0,61 a 0,80	Forte
0,81 a 0,99	Íntima forte
1	Perfeita

Fonte: Adaptado de SILVIA; SHIMAKURA (2006).

Quando os valores da Correlação de Spearman são negativos indica que as variações das variáveis exercem sentido contrário, evidenciando-se, que as categorias mais elevadas de uma variável estão associadas a categorias mais baixas de outra (FERREIRA et al., 2020).

## **7 METODOLOGIA**

### **7.1 Caracterização da Área de Estudo**

A região Nordeste abrange 18% do território nacional (Figura 2), ocupando uma área de 1.558.00 km<sup>2</sup> distribuída entre os estados do Maranhão, Piauí, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Bahia e Ceará. Da área total da região, 962.857,3 km<sup>2</sup> pertence ao polígono das secas (ARAÚJO, 2011).

Figura 2: Nordeste do Brasil.



Fonte: (Adaptado do IBGE)

## 7.2 Métodos

Trata-se de um estudo epidemiológico de tipo ecológico a partir da área plantada e consumo de agrotóxicos e indicadores de saúde intoxicação aguda, subaguda e crônica considerando como provável causa à toxicidade dos agrotóxicos oriundos das exposições humanas e contaminações ocupacionais, ambientais e alimentares.

Para estabelecer as correlações, foram utilizados os estados da região Nordeste a fim de exemplificar a utilidade dessa estratégia metodológica para as ações de vigilância na região.

### **7.3 Obtenção dos dados**

#### **7.3.1 Área plantada das lavouras e uso de agrotóxicos**

Os dados de área plantada de lavouras foram obtidos na Produção Agrícola Municipal (PAM) do Sistema IBGE de Recuperação Automática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-SIDRA), para o ano de 2019. (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>). Optando-se pela variável área plantada, destinada à colheita, em hectares, de lavouras temporárias e permanentes e definiu-se o uso de agrotóxicos pulverizados a partir do tipo de cultura, pragas a combater e quantidade de hectares plantados.

Utilizaram-se neste estudo variedades de lavouras predominantes no Nordeste brasileiro dependentes de insumos químicos, dentre as 66 culturas disponíveis no IBGE-SIDRA. Foram selecionadas as 11 lavouras temporárias e permanentes de maior expressão no Nordeste, sendo elas: feijão, milho, soja, mandioca, algodão arbóreo e herbáceo, banana, café, cana-de-açúcar, sorgo, fumo e uva. Como esse banco fornece os dados pela área plantada e toneladas colhidas, escolheu-se utilizar no trabalho os dados de área plantada, pois é a partir desta, do tipo de cultura e da patologia agrícola que os agrônomos escolhem os tipos e as quantidades de agrotóxicos a serem pulverizados.

Para estimar o consumo de agrotóxicos no Nordeste, foi utilizada a metodologia adaptada por Pignati et al (2017). O autor propõe indicadores da quantidade média de agrotóxicos utilizados por hectare das culturas de maior expressão em todo o território brasileiro. Infelizmente, não foram encontradas informações sobre o uso de agrotóxicos especificamente em cada estado da região Nordeste, o que geraria correlações mais diretas entre as variáveis. Sendo assim, o cálculo para estimar o uso de agrotóxico nos estados se baseia na multiplicação dos indicadores quantidade média de agrotóxicos utilizados por hectare de determinada cultura agrícola, pelos hectares plantados das culturas agrícolas de maior expressão no Nordeste.

O próximo passo foi a realização da soma da quantidade de litros de agrotóxicos obtidos de todas as culturas agrícolas para cada estado do Nordeste, encontrando a estimativa total do uso de agrotóxico por estado que engloba o Nordeste. Além disso, foram elencados os princípios ativos registrados para os cultivos de lavouras temporárias

e permanentes em estudo com o auxílio do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário-AGROFIT do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA e seus respectivos volumes de determinado princípio ativo em cada estado da região, que apresentou área plantada de específica cultura e potenciais agravos à saúde que cada produto poderá ocasionar. A partir dos dados de vendas disponibilizados pelo IBAMA para o período de 2019 ([https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=594&Itemid=54](https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=54).) Foi convertida a unidade de medida dos ingredientes ativos de toneladas para litros, considerando a densidade,  $\text{kg/m}^3$  1.000.

### 7.3.2 Indicadores de saúde

Os dados de saúde foram obtidos no Departamento de Informática do SUS (DATASUS) do Ministério da Saúde. Selecionou-se um indicador de saúde de cada tipo de intoxicação com provável causa de exposição ocupacional, alimentar e ambiental do uso de agrotóxicos: aguda (intoxicação por agrotóxicos), subaguda (malformação fetal) e crônica (câncer infanto-juvenil) período de 2017 a 2019, segundo local de residência.

Através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) foram obtidas as ocorrências de intoxicação por agrotóxicos de uso agrícola, veterinário e raticida, período de 2017 a 2019 segundo o local de residência. (<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=29892176&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinannet/cnv/Intox>). Os dados de malformação fetal foram adquiridos no Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) período 2017 a 2019, segundo o local de residência. (<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&id=6936&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinasc/cnv/nv>).

Finalmente, os dados de incidência de mortalidade por câncer foram obtidos pelo Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), referente a óbitos por essa doença na faixa etária de 0 a 19 anos, caracterizada como Câncer Infanto-juvenil, seguindo a 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), pelos códigos C00 a C97, por local de residência. O grupo infanto-juvenil foi escolhido devido à maior exposição ambiental aos produtos químicos e tendo em vista que a maioria dos casos de câncer

(80%) está relacionada ao ambiente, período 2017 a 2019 segundo o local de residência. (<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&id=6937&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/obt10>).

A partir dos dados de saúde, foram gerados coeficientes médios de cada indicador de saúde por estado da região Nordeste. Para isso, foram somados os números de casos do agravo/óbito nos anos de 2017 a 2019 e calculadas as médias aritméticas pelo número de anos estudados. A média aritmética foi utilizada no numerador, enquanto no denominador empregou-se a população do ano de 2018, referente à metade do período e, posteriormente, multiplicou-se o valor encontrado pela constante padronizada (100.000) para cada indicador. Para isto, foi obtida no IBGE a estimativa populacional para a área de estudo no ano de 2018.

#### **7.4 Análise Estatística**

O consumo de agrotóxicos e coeficiente médio de saúde da região Nordeste, foram analisados no software SPSS, versão 2017. Os dados não apresentaram distribuição normal a partir do teste de Shapiro-Wilk pelo software Sisvar, versão 5.6. A associação dos indicadores foi estimada através do teste de Correlação de Spearman a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ). A matriz de correlação foi construída entre a quantidade de litros de agrotóxicos consumidos (variável independente) e o coeficiente médio de intoxicação (variável dependente) nos estados do nordeste brasileiro.

Ampliando a discussão acerca da significância estatística, que neste estudo, além do p-valor de 5%, considerando significativo o p-valor  $< 20\%$ , fundamentado pelo princípio da precaução que segundo Varella e Platiau (2004) é definido como uma forma dos que buscam diante do agravo às próximas gerações, tornando o estudo relevante para a execução de ações de órgãos públicos responsáveis em vigilância em saúde de populações expostas a agrotóxicos em reduzir o risco a um nível aceitável. Destacando-se ainda que o indicativo de precaução deve ser resultado de uma consulta social, estar proporcional à amplitude do risco e estar sempre sujeito a revisões.

## 8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 Área plantada das lavouras e uso de agrotóxicos

Na Tabela 4 estão relacionadas às culturas permanentes representadas pelo algodão arbóreo, banana, café e uva, elencando sua área plantada ou destinada a colheita. Essa é uma das variáveis que permite determinar a quantidade de agrotóxicos que devem ser aplicados por hectare. Relacionadas por unidade federativa da região Nordeste, de modo geral a cultura da banana obteve uma maior área, com 181.132 ha, em seguida o café (119.738 ha), uva (10.891 ha) enquanto que o algodão arbóreo se apresenta com menor área (10 ha).

Tabela 4: Área plantada ou destinada à colheita (hectares) das culturas permanentes de estudo por unidade federativa região Nordeste 2019.

UF	Algodão arbóreo	Banana	Café	Uva	Total
AL	-	8.688	-	-	8.688
BA	-	64.932	116.860	1.926	183.718
CE	-	35.027	1.447	23	36.497
PB	-	10.843	8	132	10.983
PE	10	44.777	1.423	8.806	55.016
PI	-	2.415	-	1	2.416
RN	-	7.706	-	3	7.709
SE	-	2.033	-	-	2.033
MA	-	4.711	-	-	4.711
Total	10	181.132	119.738	10.891	311.771

Fonte: (IBGE-SIDRA, autora 2022)

Descrevendo essas culturas nas unidades federativas que compõem a região de estudo, a Bahia se destaca com maior área cultivada com banana (64.932 ha) e café (116.860 ha), enquanto a uva tem seu destaque no estado de Pernambuco com 8.806 ha. A banana teve menor destaque no estado do Sergipe, apresentando uma área de cultivo de 2.033 ha. O café não houve área plantada ou destinada à colheita nos estados de Alagoas, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Maranhão, sendo a menor área

encontrada na Paraíba (8 ha). Não houve plantio de uva nos estados de Alagoas, Sergipe e Maranhão, sendo a menor área encontrada no Piauí (1 ha).

Já as culturas temporárias foram o algodão herbáceo, cana-de-açúcar, feijão, fumo, mandioca, milho, soja e sorgo (Tabela 5). Ao nível estadual, em números se destacam a cultura da cana-de-açúcar no estado de Alagoas (304.748 ha), isso é justificável já que o estado se destaca com um dos maiores produtores da cultura na região Nordeste. O fumo também apresentou maior área no estado de Alagoas (14.382 ha). O algodão herbáceo teve destaque maior na Bahia (330.782 ha). Enquanto que a culturas do feijão (380.148 ha) obteve maior média no Ceará, já a mandioca (94.425 ha), milho (609.846 ha), soja (1.581.842 ha) e sorgo (62.174 ha) tiveram as maiores áreas plantadas no estado da Bahia.

A indicação correta não apenas da quantidade a ser aplicada por hectare de ingrediente ativo, tipo e período de aplicação, tais como também o respectivo produto químico, são de extrema importância, do ponto de vista ambiental, fitossanitário e econômico. Estes devem ser consultados em órgão disseminador desta informação por engenheiros agrônomos, que realizam a elaboração de receituários agronômicos. Os produtos são registrados através da Agência Brasileira de Vigilância Sanitária (ANVISA) e disponíveis no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), este banco fornece informações de agrotóxicos e indicações de uso para combater a pragas, plantas daninhas e doenças, cujo objetivo é oferecer alternativas eficazes na solução dos problemas fitossanitários.

Tabela 5: Área plantada ou destinada à colheita (hectares) das culturas temporárias de estudo por unidade federativa região Nordeste 2019.

UF	Algodão herbáceo	Cana-de- açúcar	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho	Soja	Sorgo	Total
AL	164	304.748	28.873	14.382	37.044	38.627	3.141	390	427.369
BA	330.782	76.423	357.382	7.632	94.425	609.846	1.581.842	62.174	3.120.506
CE	2.928	9.867	380.148	92	61.653	524.476	-	400	979.564
PB	914	97.751	89.014	-	15.387	92.791	-	-	295.857
PE	197	228.177	178.795	4	46.603	169.246	-	2.545	625.567
PI	15.498	15.938	196.472	-	37.822	450.951	766.044	30.248	1.512.973
RN	324	64.171	56.581	-	20.149	59.896	-	425	201.546
SE	55	35.491	5.959	206	11.786	148.624	-	-	202.121
MA	27.752	47.405	53.868	-	61.241	426.096	977.598	10.855	1.604.815
Total	378.614	879.971	1.347.092	22.316	386.110	2.520.553	3.328.625	107.037	8.970.318

Fonte: (IBGE-SIDRA, autora 2022)

Os ingredientes ativos registrados e disponíveis no boletim anual de comercialização do IBAMA mais verificados nas 11 culturas de maior expressão, tanto temporárias como permanentes na região Nordeste podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6: Ingredientes ativos registrados no AGROFIT para as culturas analisadas.

Cultura	Ingrediente ativo (IA)
Milho	Abamectina; acefato; alacloro
Feijão	Abamectina; acefato
Soja	Abamectina; acefato
Mandioca	Ametrina; clomazona; epoxiconazol
Algodão	Abamectina; acefato; alacloro
Banana	Ametrina; clorotalonil; clorpirifós
Café	Abamectina; alacloro; ametrina
Cana-de-açúcar	Abamectina; ametrina; alacloro
Sorgo	Atrazina; cipermetrina
Fumo	Cipermetrina; clomazona
Uva	Abamectina; ametrina; benalaxil

Fonte: (AGROFIT, autora 2022).

Esses ingredientes ativos podem causar inúmeros efeitos nocivos aos seres vivos. No caso da cipermetrina, um inseticida piretróide altamente tóxico foi observado perda pós-implantação dos fetos e más-formações viscerais em ratos (ASSAYED et al., 2010). Já em seres humanos foram verificados mortes neonatais e más formações congênitas (RUPA et al., 1991). Outros danos causados são aberrações cromossômicas, indução de micronúcleos, alterações de espermatozoides, mutações letais dominantes e troca de cromátides irmãs forma observados em camundongos (BHUNYA; PATI, 1998; SHUKLA; TANEJA, 2002). Já o fungicida epoxiconazol, classificado como mediana toxicologia causou interferência na produção de hormônios sexuais em homens e mulheres (KJAERSTAD et al., 2010). Em estudos laboratoriais com ratos, a exposição deste produto durante a gravidez levou a modificação do desenvolvimento reprodutivo e a perdas fetais (TAXVIG et al., 2008).

Outro ingrediente ativo utilizado nesta região que é bastante nocivo é o inseticida clorpirifós. O produto é considerado altamente tóxico e já foram verificados efeitos nocivos como desregulação hormonal na tireoide em camundongos quando houve exposição na vida intrauterina (HAVILAND et al., 2010). Joshi et al. (2007) encontraram alterações no sistema reprodutivo em ratos machos tratados via oral induzindo a redução na contagem de espermatozoides e da fertilidade nos animais.

Na literatura e órgãos competentes disponibilizam dados oficiais sobre a média nacional de uso de agrotóxicos por cultura agrícola. Como o estudo é voltado para o Nordeste, houve a necessidade de se calcular a média do uso de agrotóxicos, partindo do princípio dos ingredientes ativos comercializados, em toneladas e convertidos em litros, e a área plantada (hectares) das culturas mais expressivas na região.

O consumo total de agrotóxicos na região Nordeste do Brasil foi de aproximadamente 2,456 milhões de litros apenas no ano de 2019 para as 11 culturas analisadas, conforme Tabela 7.

Nota-se que as maiores médias de uso por hectare foram verificadas com as culturas do fumo (11,22) e uva (4,72). Enquanto, que as menores médias de uso por hectare ficaram com as culturas da soja (0,06) e milho (0,10), mesmo com área plantada maiores que as culturas com maiores médias. Isso é possível devido o cultivo destas culturas não realizarem aplicações numerosas dos ingredientes ativos citados neste estudo. Além de serem aplicados produtos químicos com ingredientes ativos não registrados para a cultura.

A cultura do fumo está na lista da OMS como uma das que mais são aplicados agrotóxicos dentro do seu ciclo de cultivo, que dura em média 10 meses. Muito dos produtos aplicados são classificados como extremamente tóxicos e altamente tóxicos (Classes I e II), os quais possuem alta probabilidade de causar intoxicação aguda e/ou crônica, além de contaminarem o ambiente (INCA, 2021).

O estado da Bahia assumiu o ranking como o maior consumo de agrotóxicos, seguido pelo estado de Pernambuco, Alagoas, Maranhão, Piauí, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte e Sergipe (Tabela 8).

Tabela 7: Área plantada ou destinada à colheita, média de uso por hectare e consumo de agrotóxicos por tipo de lavoura no Nordeste, 2019.

Cultura	Área plantada (hectares)	Média do uso de agrot. (litros/ hectares)	Consumo de agrotóxicos (litros)
Milho	2.520.553	0,10	252.055,30
Feijão	1.347.092	0,17	229.005,64
Soja	3.328.625	0,06	199.717,50
Mandioca	386.110	1,04	401.554,40
Algodão	378.624	0,65	246.105,60
Banana	181.132	2,06	373.131,92
Café Total	119.738	0,48	57.474,24
Cana-de-açúcar	879.971	0,15	131.995,65
Sorgo	107.037	2,46	263.311,02
Fumo	22.316	11,22	250.385,52
Uva	10.891,00	4,72	51.405,52
Total	9.282.089	-	2.456.124,31

Fonte: (IBGE- SIDRA, autora 2022).

Tabela 8: Área plantada ou destinada à colheita dos cultivos analisados e seus respectivos consumos de agrotóxicos de lavouras agrícolas por unidade federativa da região Nordeste 2019.

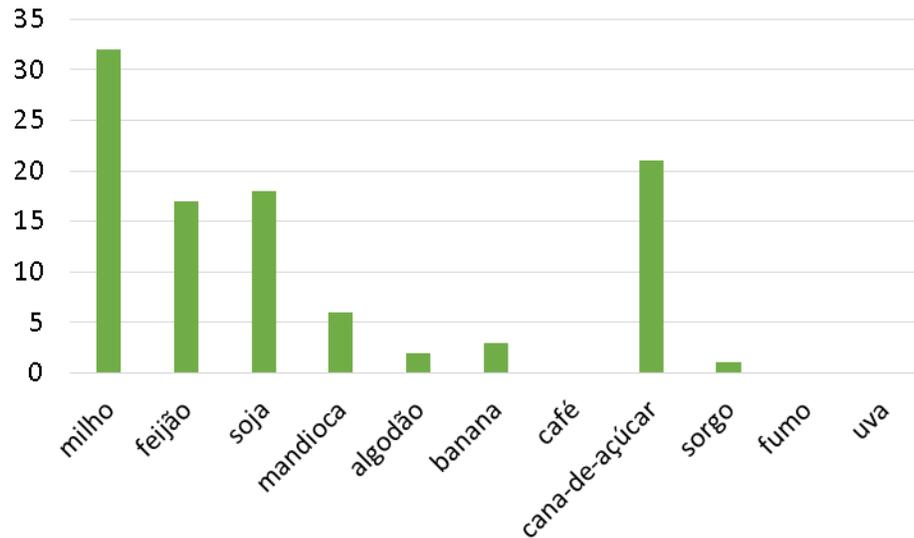
UF	Área plantada dos cultivos estudados (ha)	Consumo de agrot (L)
BA	436.057	1.421.870
PE	680.583	277.770
AL	1.515.389	229.140
MA	3.304.224	226.100
PI	1.016.061	125.210
PB	209.255	90.400
CE	306.840	35.390
RN	204.154	27.820
SE	1.609.526	22.450

Fonte: (IBGE-SIDRA, autora 2022).

Em relação à predominância total na região Nordeste, em porcentagem eixo y, dos cultivos agrícolas em estudo eixo x, o milho apresentou cerca de (32%), seguido da cana-

de-açúcar (21%), soja (18%), feijão (17%), mandioca (6%), banana (3%) e algodão (2%). Já o café, fumo e a uva não houve destaque na região conforme (Figura 3).

Figura 3: Predominância de lavouras agrícolas na região Nordeste 2019.



Fonte: (IBGE-SIDRA, autora 2022)

Ampliando a discussão em nível de estados (Tabela 9), considerando a relação da predominância das lavouras, o milho teve destaque no Sergipe (73%) e Ceará (52%). Já o feijão teve destaque na Paraíba (29%), Rio Grande do Norte (27%) e Pernambuco (26%). Enquanto que a soja se destacou no Maranhão (61%), Piauí (51%) e Bahia (48%).

É importante salientar que a uva houve destaque apenas no estado de Pernambuco (1%), devido à expansão da cultura no município de Petrolina e região. A cultura se adaptou bem ao clima local e o manejo foi modificado visando uma melhor adaptação na região. O Canal do Rio São Francisco tornou a região uma das maiores produtoras de uva no país. Essa região se tornou internacionalmente conhecida devido à produção de frutas tropicais destinadas à exportação (SILVA, 2015).

Tabela 9: Predominância de lavouras agrícolas por unidade federativa região Nordeste 2019.

Unidade Federativa	Predominância das lavouras agrícolas nas Unidades Federativas
AL	Milho (9%), feijão (7%), soja (1%), mandioca (8%), algodão (0%), banana (2%), café (0%), cana-de-açúcar (70%), sorgo (0%), fumo (3%), uva (0%)
BA	Milho (18%), feijão (11%), soja (48%), mandioca (3%), algodão (10%), banana (2%), café (4%), cana-de-açúcar (2%), sorgo (2%), fumo (0%), uva (0%)
CE	Milho (52%), feijão (37%), soja (0%), mandioca (6%), algodão (0%), banana (3%), café (0%), cana-de-açúcar (1%), sorgo (0%), fumo (0%), uva (0%)
PB	Milho (30%), feijão (29%), soja (0%), mandioca (5%), algodão (0%), banana (4%), café (0%), cana-de-açúcar (32%), sorgo (0%), fumo (0%), uva (0%)
PE	Milho (25%), feijão (26%), soja (0%), mandioca (7%), algodão (0%), banana (7%), café (0%), cana-de-açúcar (34%), sorgo (0%), fumo (0%), uva (1%)
PI	Milho (30%), feijão (13%), soja (51%), mandioca (2%), algodão (1%), banana (0%), café (0%), cana-de-açúcar (1%), sorgo (2%), fumo (0%), uva (0%)
RN	Milho (29%), feijão (27%), soja (0%), mandioca (10%), algodão (0%), banana (4%), café (0%), cana-de-açúcar (31%), sorgo (0%), fumo (0%), uva (0%)
SE	Milho (73%), feijão (3%), soja (0%), mandioca (6%), algodão (0%), banana (1%), café (0%), cana-de-açúcar (17%), sorgo (0%), fumo (0%), uva (0%)
MA	Milho (26%), feijão (3%), soja (61%), mandioca (4%), algodão (2%), banana (0%), café (0%), cana-de-açúcar (3%), sorgo (1%), fumo (0%), uva (0%)

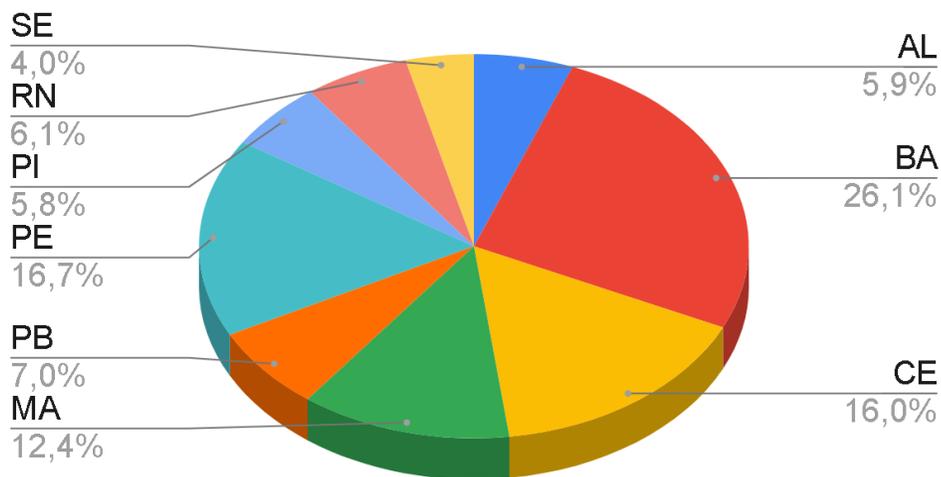
Fonte: (Autora, 2022)

Com o apoio do Estado e a implantação de áreas irrigadas, a região do Vale do São Francisco iniciou a exploração de culturas de ciclo anual como a cebola, feijão, tomate, melão e melancia. A partir da década de 1990, essas culturas foram substituídas por frutíferas ficando esse período como a fase transitória e a consolidação das frutas associada à expansão das áreas cultivadas, o volume produzido e o número de empregos gerados na região (BUSTAMANTE, 2009; SOUZA, 1994).

## 8.2 Indicadores de saúde

Segundo o IBGE (2018), a população do Nordeste é 56.760.780 habitantes, distribuídos em sua maior parte no estado da Bahia, com cerca de 26,1% da população. Em seguida vem os estados de Pernambuco (16,7%), Ceará (16,0%), Maranhão (12,4%), Paraíba (7,0%), Rio Grande do Norte (6,1%), Alagoas (5,9%), Piauí (5,8%) e Sergipe (4,0%) indicados no (Figura 4).

Figura 4: População por unidade federativa referente ao ano de 2018.



Fonte: (IBGE 2018, autora 2022)

No Dossiê da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO) foi relatado o cuidado de estudiosos sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde devido ao uso cada vez mais crescente no Brasil. Os resíduos verificados em alimentos preocupam, pois muitos deles são cancerígenos e mutagênicos. Sendo o risco dependente da dosagem e na exposição dos organismos a esses produtos. Inúmeros trabalhos comprovam que além destes danos citados, os agrotóxicos também são causadores de desequilíbrio em ecossistemas, redução da população de espécies como pássaros, anfíbios, peixes e abelhas do ponto de vista ambiental (CARNEIRO, 2015).

Esses produtos são causadores de inúmeras consequências negativas, dentre elas está à contaminação das águas superficiais e que pode acarretar em maiores problemas de saúde e impactos expressivos nos ecossistemas, pois são dependentes desse recurso hídrico (DEIHIMFARD et al., 2014).

Outros efeitos crônicos e agudos associados à exposição aos agrotóxicos são fraqueza, cólicas, abdominais, vômitos, espasmos musculares e convulsões. Além de efeitos neurotóxicos retardados, dermatites de contato, náuseas, vômitos, contrações musculares, involuntárias, lesões hepáticas, arritmias cardíacas, lesões renais e outros (PEREIRA, 2007).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), agência regulamentadora ligada ao Ministério da Saúde, não estipula limites de resíduos de agrotóxicos para produtos ultraprocessados, apenas estabelece o Limite Máximo de Resíduos (LMR) para alimentos *in natura*. Um estudo singular sobre resíduos de agrotóxicos em alimentos habituais a mesa do brasileiro foi realizado pelo Instituto Brasileiro de Defesa ao Consumidor (IDEC) e consistiu em testagens visando quantificar e conhecer o tipo de agrotóxico é mais comuns nos produtos ultraprocessados avaliados. A etapa posterior foi comparar com os agrotóxicos registrados na ANVISA considerando seus limites máximos permitidos a partir do ingrediente em maior concentração em cada produto (soja, trigo, milho ou açúcar). Foram encontrados resíduos de 13 tipos de agrotóxicos nos produtos ultraprocessados analisados (BARONI et al., 2021).

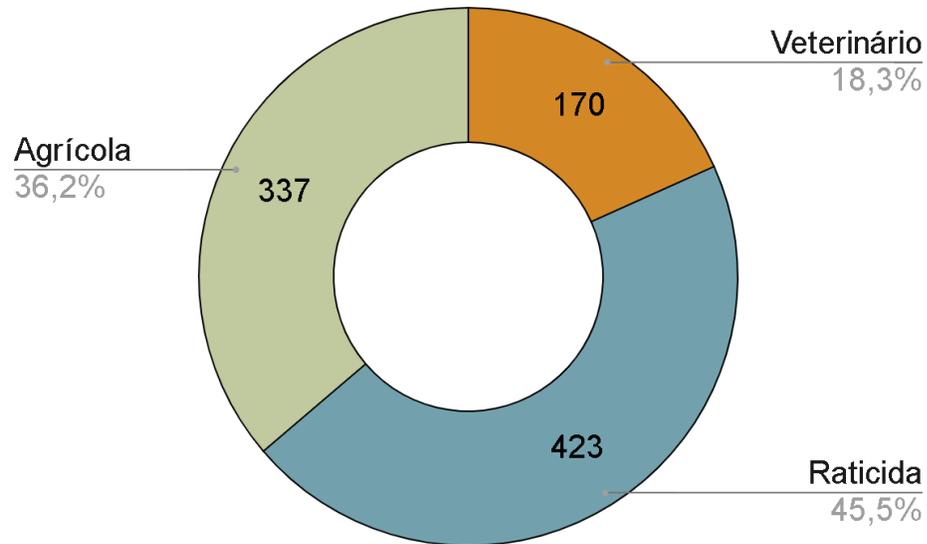
A partir do agente tóxico, nota-se que o tipo raticida apresenta cerca de 45,5%, seguido do agrícola (36,2%) e do veterinário (18,35%) (Figura 5). Isso indica que tanto o raticida, como também o agrícola, tem uma relação maior e direta com as notificações do tipo aguda, pois a população está exposta continuamente a estes tipos de produtos químicos.

Outro problema causado pela exposição aos agrotóxicos em mulheres é a malformação congênita durante o período da gravidez (Figura 6). Neste estudo, foram encontrados um total de 19.664 casos de malformações fetal na região Nordeste durante o período de 2017 a 2019, sendo os estados da Bahia (4.381), Pernambuco (3.892) e Ceará (3.750) os que apresentaram mais casos. Enquanto que o estado do Piauí o que apresentou o menor índice de casos dentro da região avaliada com 1.060 casos seguido dos estados do Rio Grande do Norte (1.136), Sergipe (1.171) e Alagoas (1.220).

Esses produtos são tidos como agentes teratogênicos, pois são produtos que apresentam a capacidade de causar perturbações no desenvolvimento do feto. Isto é possível devido à transferência pela placenta, por isso tem sido associado a

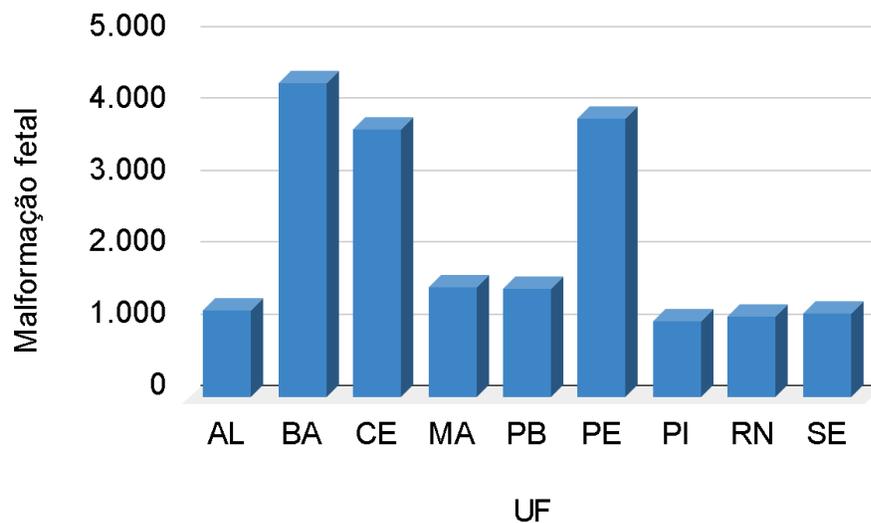
malformações congênitas. Estas anomalias podem ser verificadas no nascimento ou durante a infância através de alguns sintomas como a hérnia inguinal, a estenose pilórica e certas cardiopatias (MILDEMBERG et al., 2017).

Figura 5: Notificações de casos de intoxicações por agente tóxico: agrícola, veterinário e raticida na região Nordeste 2017-2019.



Fonte: (SINAN, autora 2022)

Figura 6: Notificações de casos de malformação fetal por unidade federativa 2017-2019.

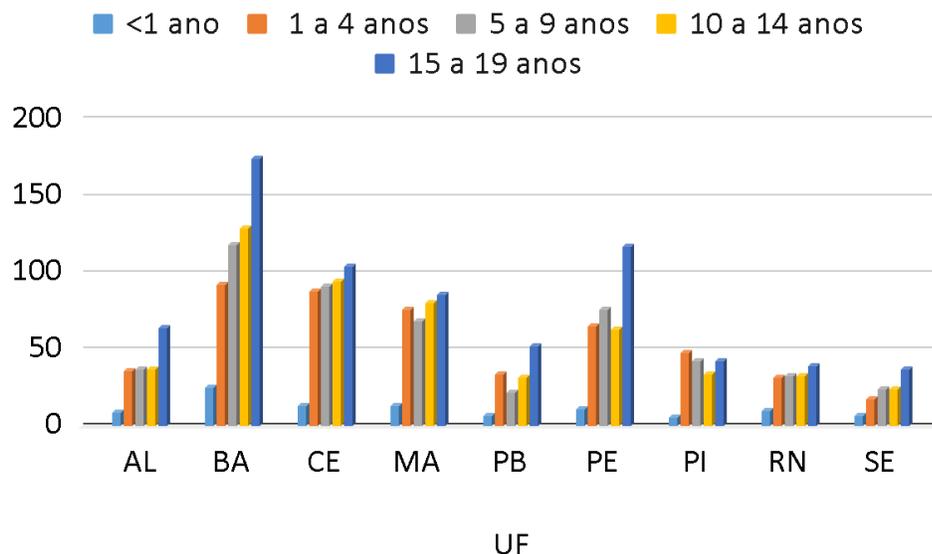


Fonte: (SINASC, autora 2022)

A literatura afirma que a faixa etária entre 0-19 anos é a que mais sofre com casos de mortalidade das doenças de câncer classificada pela CID 10, que vai da categoria de C00 a C79. Essa faixa etária apresenta alta susceptibilidade à exposição ambiental aos produtos químicos, com cerca de 80% dos casos sendo relacionados ao ambiente. Dessa forma, a Figura 7 apresenta essas notificações tipo crônica em cada estado da região, onde a Bahia foi o estado que apresentou maior notificações e o estado de Sergipe o menor. Ao analisamos a faixa etária de 0-19 anos, quase toda a faixa se destaca. Apenas os casos na faixa <1 ano de idade apresentaram menores notificações em todos os estados da região Nordeste.

Santos (2018) em seu estudo avaliando o índice de mortalidade causado por câncer infanto-juvenil encontrou um risco de morte de 44,25 para cada 1 milhão. Dentro das faixas etárias por ele avaliadas, a que apresentou o menor risco de morte foi o grupo de 5 a 9 anos, enquanto que a de maior risco foi à faixa etária de 15-19 anos (54,01/1 milhão).

Figura 7: Notificações de casos de mortalidade da doença câncer em faixa etária de 0-19 anos caracterizada como infanto-juvenil por unidade federativa 2017-2019.



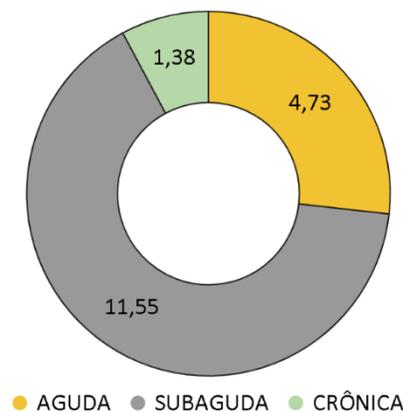
Fonte: (SIM, autora 2022)

Pereira (2007) define coeficiente a relação entre o número de casos de um evento e uma determinada população, num certo local e período de tempo. Já indicador de saúde

indica a situação ou um aspecto da saúde de uma população ou de um indivíduo e é calculado através dos dados de referência durante o período avaliado e o espaço e influenciado pelo modo que foi organizado e apresentado, facilitando a análise e o olhar com significância sobre a realidade, através de sua simples leitura ou através do acompanhamento dos dados no tempo. A mortalidade é a variável característica das comunidades de seres vivos e consiste no conjunto dos indivíduos que morreram num dado intervalo do tempo em decorrência de uma determinada doença. É calculada pelas taxas ou coeficientes de mortalidade, podendo ser calculada a taxa de mortalidade geral, mortalidade infantil, mortalidade por causa e a letalidade (PEREIRA, 2007).

Os coeficientes médios de saúde a nível região Nordeste apresentou uma porcentagem maior para o coeficiente médio subagudo (11,55%), seguida do coeficiente médio agudo (4,73%) e do coeficiente médio crônico (1,38%), conforme mostra a Figura 8. Em estudo sobre a distribuição espacial da área plantada de lavouras, consumo de agrotóxicos a agravos a saúde como estratégia para vigilância em saúde no Brasil por Pignati et al. (2017) obtiveram resultados de coeficientes médio de indicadores de saúde, sendo aguda de (13,2%), subaguda (14%) e crônica (17%).

Figura 8: Coeficiente médio de saúde: aguda (SINAN), subaguda (SINASC) e crônica (SIM) 2017-2019 na região Nordeste.



Fonte: (SINAN, SINASC, SIM autora 2022)

Esses coeficientes médios são indicadores negativos (Equação 2), pois quanto maior o seu valor maior será o risco de ocorrência e de mortes na população. Sendo que ambos foram multiplicados pela constante padronizada a cada 100.000 habitantes. Em

muitos estudos, os coeficientes médios de tipo de intoxicação são relacionados com a provável causa de exposição ocupacional, alimentar e ambiental da população exposta a agrotóxico.

Equação 2: Coeficiente médio de saúde.

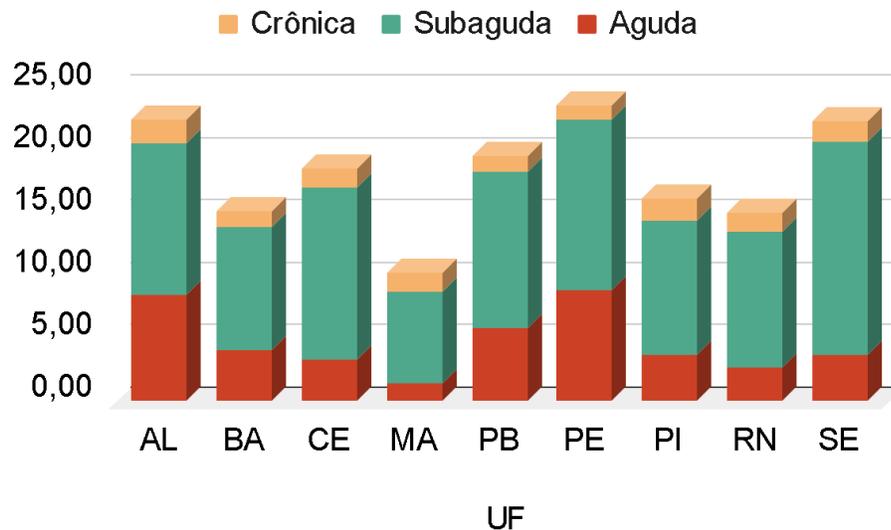
$$\frac{\text{Número total de casos no período}}{\text{População total na metade do período}} \times \text{constante padronizada}$$

Conforme o Instituto Nacional do Câncer (INCA), as formas de exposição no ambiente de trabalho podem ser através da inalação, contato com a pele ou oral durante a manipulação, aplicação e preparo do aditivo químico, sendo esses meios mais comuns em empresas que realizam a desinsetização de ambientes, em trabalhadores rurais, empresas de transporte e comércio de agrotóxicos e de indústria de formulação destes produtos. Quando no ambiente, os meios de exposição podem ser a partir das pulverizações aéreas, consumo de alimentos e água contaminados, além do contato com roupas dos trabalhadores com os produtos (INCA, 2019).

Os dados sobre coeficiente médio de saúde para as intoxicações aguda, subaguda e crônica no período de 2017 a 2019 por estados na região Nordeste estão disponíveis no Figura 9. Em relação às intoxicações agudas, os estados de Pernambuco e Alagoas foram os que obtiveram maiores coeficientes médios de saúde, com 8,87 e 8,48, respectivamente. Ao passo que o estado do Maranhão foi o que obteve o menor valor (1,48) e Rio Grande do Norte (2,77). Considerando os dados da subaguda, os estados que se destacaram com valores altos do coeficiente médio foram Sergipe (17,13), Ceará (13,77) e Pernambuco (13,66). Já os que tiveram os menores valores foram Maranhão (7,32) e Bahia (9,86).

Já os maiores coeficientes médios de saúde referente às intoxicações crônicas foram verificados nos estados de Alagoas (1,84), Piauí (1,78) e Sergipe (1,61). Pernambuco, Bahia e Paraíba foram os que tiveram os menores valores de coeficientes médios, com 1,17, 1,22 e 1,23 respectivamente.

Figura 9: Coeficiente médio de saúde: aguda, subaguda e crônica 2017-2019 por estados da região Nordeste.



Fonte: (SINAN, SINASC, SIM autora 2022)

### 8.3 Correlação entre uso de agrotóxicos e saúde

Considerando p-Valor de 5%, foi obtido que ambas as matrizes de correlações entre o consumo de agrotóxico (litros) para o ano de 2019 e coeficiente médio de saúde de intoxicações aguda, subaguda e crônica 2017-2019 não foram significativas. Alguns fatores podem ser levados em consideração como possibilidade de resultados significativos, por exemplo um período maior para o estudo, além da dificuldade encontrada na disponibilidade dos dados em relação as vendas de ingredientes ativos em outras escalas e médias regionais e municipais por cultura agrícola.

As três categorias obtiveram valores positivos, sendo coeficiente médio de intoxicação aguda e consumo de agrotóxicos (0,152), coeficiente médio intoxicação subaguda e consumo de agrotóxicos (0,170) e o coeficiente médio de intoxicação crônica e consumo de agrotóxicos (0,433) (Tabela 10).

Ambos os indicadores de saúde apresentaram valor de  $\rho$  negativo. Para coeficiente médio de intoxicação aguda e consumo de agrotóxicos (-0,519), coeficiente médio de intoxicação subaguda e consumo de agrotóxicos (-0,500) e o coeficiente médio de intoxicação crônica e consumo de agrotóxicos (-0,300). As notificações são classificadas como uma correlação tipo moderadas e fraca segundo SHIMAKURA (2006).

Tabela 10: p-Valor e Valor de  $\rho$  da Correlação de Spearman entre variável coeficiente médio de intoxicação (2017-2019) e variável consumo de agrotóxicos (2019).

P-Valor correlação de Spearman		
Variáveis:	p-Valor	Valor de $\rho$ (+ ou -)
Coeficiente médio de intoxicação aguda versus Consumo de agrotóxicos	0,152	-0,519
Variáveis:		
Coeficiente médio de intoxicação subaguda versus Consumo de agrotóxicos	0,172	-0,500
Variáveis:		
Coeficiente médio de intoxicação crônica versus Consumo de agrotóxicos	0,433	-0,300

Fonte: (Autora, 2022)

Para Machado (2001) o princípio da precaução como uma tomada de decisão exercida quando a informação científica é insuficiente, não conclusiva ou incerta e que ocorra possibilidade de que os efeitos sobre o ambiente, saúde da população ou dos animais, além da proteção vegetal possam ser potencialmente perigosos e incompatíveis com o nível de proteção escolhido. Dessa forma, considerando o p-Valor <20% entre coeficiente médio de intoxicação aguda e consumo de agrotóxicos (0,152) e coeficiente médio de intoxicação subaguda (0,170) e consumo de agrotóxicos, foram significativos e a partir desta justificativa, torna-se relevante para ações dos órgãos competentes em vigilância em saúde da população exposta aos agrotóxicos na região Nordeste do Brasil.

Com base nos resultados, é alarmante as notificações aguda e subaguda de intoxicações pela provável causa de exposição ocupacional e alimentar do uso de agrotóxicos da população em estudo.

## 9 CONCLUSÕES

A partir dos dados verificados nesta investigação, percebeu-se que a região Nordeste apresentou um alto consumo de agrotóxicos no período avaliado, levando em consideração as áreas com lavouras temporárias e permanentes.

A região teve um consumo de ingredientes ativos de, aproximadamente, 2,456 milhões de litros no ano de 2019. Este consumo foi regido pelas culturas de maior predominância na região, que foram o milho com 32% das áreas cultivadas, seguidos da cana-de-açúcar (21%), soja (18%), feijão (17%) e mandioca (6%).

Este alto consumo pode ter sido um fator relevante para as intoxicações do tipo aguda, subaguda e crônica, sendo esses casos interligados com a exposição ocupacional, alimentar e ambiental da população da região. O estado de Pernambuco foi o que apresentou maior coeficiente médio de saúde de intoxicações aguda com 8,87 para cada 100.000 habitantes. Em relação às intoxicações subagudas e crônicas, os maiores coeficientes médios foram verificados nos estados de Sergipe (17,13) e Alagoas (1,84), respectivamente.

Correlacionando o consumo de agrotóxicos com o coeficiente médio de intoxicação foram observados que não foram significativos, porém partindo do princípio da precaução e considerando  $p$ -valor  $< 20\%$  se faz relevante o presente estudo para ações de vigilância em saúde na região Nordeste entre as variáveis coeficiente médio de intoxicação aguda e consumo de agrotóxicos (0,152) e coeficiente médio de intoxicação subaguda e consumo de agrotóxicos (0,170). Como perspectivas futuras, sugerem-se esforços para melhorar a disponibilidade de dados através de órgãos disseminadores de informações, sobre a comercialização de agrotóxicos em níveis de municípios, com finalidade de elaboração de estudos com dados diretos entre o uso de agrotóxicos por cultura e os dados de intoxicação em cada município. Com isso, seria possível uma análise mais robusta dos potenciais efeitos do uso de agrotóxicos sobre a saúde da população na região NE do Brasil.

## 10 REFERÊNCIAS

- ABDAL, A. **Sobre regiões e desenvolvimento: o processo de desenvolvimento regional brasileiro no período 1999-2010**. Tese (Doutorado em Sociologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 261. 2015.
- ARAÚJO, S. M. S. de. A região semiárida do Brasil: Questões ambientais e possibilidade de uso sustentável dos recursos. **Revista científica FASETE**, n. 5, 2011.
- ARAUJO, M. L.; RODRIGUES J. E. C.; LUZ L. M. **Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas**: a perda da cobertura vegetal e uso do solo no bairro do Tenoné – Belém/PA. Belém: IFPA, 2011.
- ARAÚJO, I. M. M. de; OLIVEIRA, A. G. R. da C. Agronegócio e Agrotóxicos: impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas no nordeste brasileiro. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 15, n. 1, 2017.
- ARAÚJO JÚNIOR, F. B.; MACHADO, I. T. J.; SANTOS-ORLANDI, A. A. dos; PERGOLA-MARCONATO, A. M.; PAVARINI, S. C. I.; ZAZZETTA, M. S. Fragilidade, perfil e cognição de idosos residentes em área de alta vulnerabilidade social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 8, p. 3047-3055, 2019.
- BARBOSA, V. V.; SOUZA, W. M. de; GALVÍNIO, J. D.; SOBRAL, M. do C. M. Influência da Variabilidade Climática na Produção de Leite na Região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 23, p. 244-266, 2018.
- BARONI, A.; SANTOS, F.; RIBEIRO, J.; ARANTES, R. **Tem Veneno Nesse Pacote**. IDEC, 2021.
- BARROSO, W. K. S.; JARDIM, P. C. B. V.; VITORINO, P. V.; BITTENCOURT, A.; MIQUETICHUC, F. Influência da Atividade Física Programada na Pressão Arterial de Idosos Hipertensos sob Tratamento Não-Farmacológico. **Revista Associação Médica Brasileira**, v. 54, n. 4, p. 328-333, 2008.
- BASTOS, P. L.; BASTOS, A. F. T. de L.; GURGEL, A. do M.; GURGEL, I. G. D. Carninogenicidade e Mutagenicidade do Malathion e seus Dois Análogos: uma revisão sistemática. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 8, p. 3273-3297, 2020.
- BEBU, I.; MATHEW, T. Comparing the means and variances of a bivariate log-normal distribution. **Stat Med.**, v. 27, n. 14, p. 2684–2696, 2008.
- BHUNYA, S, P.; PATI, P. C. Genotoxic effects of a synthetic pyrethroid insecticide, cypermethrin, in mice in vivo. **Toxicol Lett**, v. 41, n. 3, p. 223-30, 1988.
- BIANCONI, A.; GOVONE, J. S.; VON ZUBEN, C. J.; PIÃO, A. C. S.; PIZANO, M. A.; ALBERTI, L. F. Transformação de Dados e Implicações Dautilização do Teste de Kruskal-

Wallisem Pesquisas Agroecológicas. Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, Curitiba, v. 18, p. 27-34, 2008.

BOMBARDI, L. M. **Geografia do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. São Paulo: FFLCH/USP, 2017. 296 p.

BOTELHO, M. G. L.; PIMENTEL, B. dos S.; FURTADO, L. G.; LIMA, M. do C. S.; CARNEIRO, C. R. de O.; BATISTA, V. de A.; MARINHO, J. L. M.; MONTEIRO, A. L. P. R.; SILVA, T. P. da; PONTES, A. N.; COSTA, M. do S. S. Agrotóxicos na Agricultura: agentes de danos ambientais e a busca pela agricultura sustentável. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-25, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 294, de 29 de julho de 2019, dispõe sobre os critérios para avaliação e classificação toxicológica, priorização da análise e comparação da ação toxicológica de agrotóxicos, componentes, afins e preservativos de madeira**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF. Acessado em: 29 mar 2021.

BUSTAMANTE, P. M. A. C. A fruticultura no Brasil e no Vale do São Francisco: vantagens e desafios. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 1, p. 153-171, 2009.

CANTELMO, N. F.; FERREIRA, D. F. Desempenho de testes de normalidade multivariados avaliado por simulação Monte Carlo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1630-1636, 2007.

CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A. C. **Dôssie ABRASCO - Associação Brasileira de Saúde Coletiva: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Expressão Popular. 2015. Disponível em: [http://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco\\_2015\\_web.pdf](http://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf). Acessado em: 08 jan 2021.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES – CEPED. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013. Disponível em: [https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS\\_mioloWEB.pdf](https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS_mioloWEB.pdf). Acessado em: 21 jan 2021.

CIRILLO, M. A.; FERREIRA, D. F. Extensão do teste para normalidade univariado baseado no coeficiente de correlação quantil-quantil para o caso multivariado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 67-84, 2003.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. New York: John Wiley and Sons, 1971.

CORCINO, C. O.; TELES, R. B. de A.; ALMEIDA, J. R. G. da S.; LIRANI, L. da S.; ARAÚJO, C. R. M.; GONSALVES, A. de A.; MAIA, G. L. de A. Avaliação do Efeito do Uso de Agrotóxicos sobre a Saúde de Trabalhadores Rurais da Fruticultura Irrigada. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 24, n. 8, p. 3117-3128, 2019.

CUNHA FILHO, M.; SOARES, A. R. S.; SANTOS, D. de S.; SILVA, D. R. da; MARCIANO, L. E. A.; FERREIRA, I. de Q.; PISCOYA, V. C.; CUNHA, A. L. X.; SILVA, J. A. A.; MENEZES, R. S. C.; RISCOYA, T. O. F.; CASTRO, J. B. de; ARAÚJO FILHO, R. N. Extreme precipitation events versus milk production: statistical variability in the agreste pernambucano, Brazil. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 08, p. 39544-39548, 2020.

DEIHIMFARD, R. S.; SOUFIZADEH, S. S.; MOINODDINI, J.; KAMBOUZIA, E.; ZAND, A. M.; DAMGHANI, L; MOSLEH, L; SABERPOUR, L. Avaliando o risco do uso de inseticida nas escalas de campo e regional no Irã. **Crop Protection**, v. 65, p. 29-36, 2014.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de Dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2009.

FERNANDES, A. da C.; TAVARES, D. C. G.; SHINODA, D. T.; MOREIRA, S. S. da C. Modelagem da Utilização de Agrotóxicos no Brasil – sua Toxicologia e Correlação Quanto a Intoxicações nos Trabalhadores. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 10., 2019, Fortaleza. Anais... Fortaleza: IBEAS, 2019.

FERREIRA, A. P. A. L.; PADILHA, D.; MARSCHNER, P. F. Estudo das Possíveis Correlações Existentes entre a Produção das Commodities (Soja-Trigo-Milho) e os Índices Climáticos de 1998 a 2017 no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Agropampa**, v. 1, n. 1, p. 36-53, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Faostat. Rome: FAO, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP>. Acessado em: 31 mar 2021.

FRANÇA, C. Dinâmicas globais e arranjos produtivos para a agricultura familiar: o caso do polo de fruticultura Juazeiro-Petrolina no território do Vale do Submédio do Rio São Francisco, Região Nordeste do Brasil. **Revista de Ciências Sociais Configurações: território e desenvolvimento**, v. 11, p. 43-59, 2013.

FRANCISCO, W. C. **População do Nordeste**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/populacao-nordeste.htm>>. Acesso em: 25 jun 2021.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Nota Técnica – Análise do Projeto de Lei no 6.299/2002**. Rio de Janeiro, 2018.

GOMES, A. C. S.; MORAES, L. G. da S.; MORAES, C. R. da S. O uso de agrotóxicos e a saúde do trabalhador rural no Brasil. **ARIGÓ - Revista do Grupo PET e Acadêmicos de Geografia da UFAC**, v. 01, n. 01, 2018.

HAVILAND, J. A.; BUTZ, D. E.; PORTER, W. P. Long-term sex selective hormonal and behavior alterations in mice exposed to low doses of chlorpyrifos in utero. **Reprod Toxicol**, v. 29, n. 1, p. 74-9, 2010.

HENDERSON, A. R. Testing experimental data for univariate normality. **Clin Chim Acta**, v. 366, n. 1-2, p. 112–129, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal – PAM**. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acessado em: 07 jan 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Relatório de Comercialização de Agrotóxicos**. 2020. Disponível em: [https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=594&Itemid=54](https://www.ibama.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=594&Itemid=54). Acessado em: 08 jan 2021.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. **Agrotóxico**. 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/en/node/1909#:~:text=Os%20agrot%C3%B3xicos%20tem%20seu%20uso,nas%20pastagens%20e%20florestas%20plantadas>. Acessado em: 08 jan 2021.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. **Fumicultura e Meio Ambiente**. 2021. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/observatorio-da-politica-nacional-de-controle-do-tabaco/fumicultura-e-meio-ambiente>. Acessado em: 08 jan 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **INPE Nordeste mapeia desmatamento da Caatinga**. 2015. Disponível em: [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=3895](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3895). Acessado em: 08 jan 2021.

JOSHI, S. C.; MATHUR, R.; GULATI, N. Testicular toxicity of chlorpyrifos (an organophosphate pesticide) in albino rat. **Toxicol Ind Health**, v. 23, n. 7, p. 439-44, 2007.

KJAERSTAD, M. B.; TAXVIG, C.; NELLEMAN, C.; VINGGAARD, A. M.; ANDERSEN, H. R. Endocrine disrupting effects in vitro of conazole antifungals used as pesticides and pharmaceuticals. **Reprod Toxicol**, v. 30, n. 4, p. 573-82, 2010.

KORZENOWSKI, A. L.; WERNER, L. Probabilidade do erro do tipo I nas cartas X e S de Shewhart sob não normalidade. **Produção**, v. 22, n. 4, p. 807-816, 2012.

LE BOEDEC, K. Sensitivity and specificity of normality tests and consequences on reference interval accuracy at small sample size: a computer-simulation study. **Vet Clin Pathol**, v. 45, n. 4, p. 648–656, 2016.

LEOTTI, V. B.; BIRCK, A. R.; RIBOLDI, J. Comparação dos Testes de Aderência à Normalidade Kolmogorov-smirnov, Anderson-Darling, Cramer–Von Mises e Shapiro-Wilk por Simulação. In: **Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica**. 11., 2005. Anais... Florianópolis: UFSC, 2005.

LIMA, L. G.; MIRANDA, A. R.; LIMA, E. F. da S.; SANTOS, J. R. da S.; NASCIMENTO, J. A. Agrotóxicos no Semiárido de Alagoas: agricultura químico-dependente e suas contradições. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 829-847, 2019.

LIMA, R. F.; SILVA, A. O. da; DIAS, P. H. B.; SILVA, B. C. da; GUIMARÃES, W. do R.; VASCONCELOS, E. dos S.; SANTOS, A. V. F. dos; SILVA, D. A. S. A produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na agricultura familiar da região Nordeste Paraense: estudo a partir da comunidade de Jacarequara, Capanema, Pará. **Brazilian Journal of Animal Environmental. Research**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 1284-1296, 2020.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 9ª ed. São Paulo: Malheiros, 2001.

MAIA, J. M. M.; LIMA, J. L.; ROCHA, T. J. M.; FONSECA, S. A.; MOUSINHO, K. C.; SANTOS, A. F. dos Perfil de Intoxicação dos Agricultores por Agrotóxicos em Alagoas. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 3, n. 2, p. 486-504, 2018.

MALTENFORT, M. Understanding a normal distribution of data (Part 2). **Clin Spine Surg.**, v. 9, n. 1, p. 30, 2016.

MELO, J. M. e; FERREIRA, D. F. Proposta de um Teste de Normalidade Multivariada Exato Baseado em uma Transformação t de Student. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v.35, n.2, p.242-265, 2017

MENDES, M.; PALA, A. Type I error rate and power of three normality tests. **Pak J Info Tech.**, v. 2, n. 2, p. 135–139, 2003.

MILDEMBERG, R. A. R.; ONOFRE, P. G.; RIBAS, J. L. C. Teratogenia e Agrotóxico. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v.11, n. 9, 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Informações técnicas: registro concedido de 2005 a 2019**. Brasília: MAPA, 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/informacoes-tecnicas>. Acessado em: 07 jan 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS. 2020. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>. Acessado em: 07 jan 2021.

MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 88-91 2017.

NORMAN, G.; STREINER, D. **Biostatistics: the bare essentials**. 3 ed. Hamilton: B.C. Decker, 2014.

PEREIRA, S. D. **Conceitos e Definições em Epidemiologia Importantes para Vigilância Sanitária**. Centro de Vigilância Sanitária: São Paulo, 2007. Disponível em: [http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/epid\\_visu.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/pdf/epid_visu.pdf). Acessado em: 12 jun 2021.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. de S. e; LARA, S. S. de; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. da C.; PIGNATI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281-3297, 2017.

PLUTH, T. B.; ZANINI, L. A. G.; BATTISTI, I. D. E. Exposição a Pesticidas e Câncer: uma revisão integrativa da literatura. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43 n. 122, p. 906-924, 2019.

PONTES, A. C. F. **Obtenção dos níveis de significância para os testes de Kruskal-Wallis, Friedman e comparações múltiplas não-paramétricas**. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 140p. 2000.

PORTAL ACTION. **Teste de Shapiro-Wilk**. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/inferencia/64-teste-de-shapiro-wilk>. Acessado em: 23 mar. 2021.

REYNA, E. F.; BRAGA, M. J.; MORAIS, G. A. de S. Impactos do Uso de Agrotóxicos sobre a Eficiência Técnica na Agricultura Brasileira. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.) **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário**. Brasília: IPEA, IBGE, 2020. p. 173-187.

RIGOTTO, R. M.; PESSOA, V. M. **Estudo epidemiológico da população da região do baixo Jaguaribe exposta à contaminação ambiental em área de uso de agrotóxicos - Documento síntese dos resultados parciais da pesquisa. Documento síntese dos resultados parciais da pesquisa**. Fortaleza: UFCE; agosto de 2010.

SALWAY, R.; WAKEFIELD, J. Gamma generalized linear models for pharmacokinetic data. **Biometrics**, v. 64, n. 2, p. 620–626, 2008.

SANTOS, M. de O. Incidência, Mortalidade e Morbidade Hospitalar por Câncer em Crianças, Adolescentes e Adultos Jovens no Brasil: Informações dos Registros de Câncer e do Sistema de Mortalidade. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 64, n. 3, p. 439-440, 2018.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3 e 4, p. 591-611, 1965.

SHUKLA, Y.; TANEJA, P. Mutagenic potential of cypermethrin in mouse dominant lethal assay. **Journal Environ Pathol Toxicol Oncol**, v. 21, n. 3, p. 259-65, 2002.

SIEGEL, S. **Estatística Não-paramétrica para as Ciências do Comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

SILVA, G. P. **Introdução à fruticultura e empreendedorismo**. Santa Maria, RS: UFSM, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2015. 93 p.

SILVA, A. F.; SILVA, M. C. B. C. da. Agricultura no Nordeste Semiárido e os Resíduos Orgânicos Aproveitáveis. **Revista Equador**, v.5, n. 2, p. 102-119, 2016.

SILVA, A. M. **Análise da Utilização de Agrotóxicos no Brasil**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Fortaleza, p. 57. 2018.

SILVA JUNIOR, C. H. L.; ANDERSON, L. O.; ARAGÃO, L. E. O. e C. de; RODRIGUES, B. D. Dinâmica das Queimadas no Cerrado do Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 1-14, 2018.

SILVA, C. R. M. da; FARIAS, I. F.; MARQUES, D. S.; FREIRE, M. M. A.; GUIMARÃES, D. B. A Influência dos Gastos Públicos sobre a Eficiência na Utilização das Receitas nas Unidades da Federação Brasileira. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 135-157, 2019

SILVA, I. A. de S. Conexões entre Clima e Desertificação: trajetórias e suscetibilidade no nordeste brasileiro. **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 468-488, 2019.

SILVA, I. P. da; SILVA, J. A. A. da. **Métodos Estatísticos Aplicados à Pesquisa Científica**: uma abordagem para profissionais da pesquisa agropecuária. Recife: UFRPE, 2002.

SILVA, L. L. H. da; PINTO, E. do N. F.; LUCENA, S. C. BEZERRA, J. C.; LIRA, Y. D. de. Agrotóxicos e seus Riscos em Estabelecimentos Comerciais na Cidade de Sousa-PB. **Revista Principia**, [S.l.] n. 44, p. 69-78, 2019.

SHIMAKURA, S. E. **Interpretação do coeficiente de correlação**. 2006. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node74.html>. Acesso em: 23 mar. 2021.

SOARES, M. J.; GOMES, A. A.; MACEDO, A. F.; AZEVEDO, M. H. P. Escala Multidimensional De Perfeccionismo: adaptação à população portuguesa. **Revista Portuguesa de Psicossomática**, v. 5, n. 1, p. 46-55, 2003.

SOARES, G. **Fruticultura no nordeste**: outras faces da opulência. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 69, n. 2, 2017.

SOUZA, H. R. **Agricultura irrigada e desenvolvimento sustentável no Nordeste o Brasil**. Recife: Projeto Áridas, 1994.

SOUSA, J. D. de; BRITO, F. C. da S.; LIMA, D. C.; MEDEIROS, A. P. de; PAIVA, A. C. C. de; MARACAJA, P. B. O desenvolvimento da região nordeste: uma abordagem econômica e ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n. 01, p. 42-48, 2017.

SULLIVAN, L. **Nonparametric tests**. 2017. Disponível em: [http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704\\_Nonparametric/](http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704_Nonparametric/). Acessado em: 23 mar. 2021.

TAVARES, D. C. G.; SHINODA, D. T.; MOREIRA, S. S. C.; FERNANDES, A. C. Utilização de Agrotóxicos no Brasil e sua Correlação com Intoxicações. **Revista S&G**, v. 15, n. 1, p. 2-10, 2020.

TAXVIG, C.; VINGGAARD, A. M.; HASS, U.; AXELSTAD, M.; METZDORFF, S.; NELLEMAN, C. Endocrine-disrupting properties in vivo of widely used azole fungicides. **International Journal of Andrology**, v. 31, n. 2, p. 170-7, 2008.

TOBIAS, S.; CARLSON, J. E. Brief report: Bartlett's test of sphericity and chance findings in factor analysis. **Multivariate Behav Res.**, v. 4, n. 3, p. 375-377, 1969.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normality of variables: diagnosis methods and comparison of some nonparametric tests by simulation. **Revista HCPA**, v. 32, p. 227–234, 2012.

VARELLA, M. D.; PLATIAU, A. F. B. **Princípio da precaução**. Belo Horizonte: Del Rey, 2004, p.35.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **O deserto brasileiro**. Recife: UFRPE, 1974.

VASCONCELLOS, P. R. O.; RIZZOTTO, M. L. F.; OBREGÓN, P. L.; ALONZO, H. G. A. Exposição a agrotóxicos na agricultura e doença de Parkinson em usuários de um serviço público de saúde do Paraná, Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, p. 567-578, 2020.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall Inc., 1999. 938 p.

## ANEXOS

ANEXO A - Valores dos coeficientes  $a_{N-i+1}$  para o teste de normalidade W de Shapiro-Wilk.

i	N:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0,5601	0,5475	0,5359	0,5251	0,5150	0,5056	0,4968	0,4886	0,4808	0,4734
2		0,3315	0,3325	0,3325	0,3318	0,3306	0,3290	0,3273	0,3253	0,3232	0,3211
3		0,2260	0,2347	0,2412	0,2460	0,2495	0,2521	0,2540	0,2553	0,2561	0,2565
4		0,1429	0,1586	0,1707	0,1802	0,1878	0,1939	0,1988	0,2027	0,2059	0,2085
5		0,0695	0,0922	0,1099	0,1240	0,1353	0,1447	0,1524	0,1587	0,1641	0,1686
6		0,0000	0,0303	0,0539	0,0727	0,0880	0,1005	0,1109	0,1197	0,1271	0,1334
7				0,0000	0,0240	0,0433	0,0593	0,0725	0,0837	0,0932	0,1013
8						0,0000	0,0196	0,0359	0,0496	0,0612	0,0711
9								0,0000	0,0163	0,0303	0,0422
10										0,0000	0,0140

## ANEXO B - Valores críticos da estatística W de Shapiro-Wilk.

N	Nível de significância $\alpha$								
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,50	0,90	0,95	0,98	0,99
3	0,753	0,756	0,767	0,789	0,959	0,998	0,999	1,000	1,000
4	0,0687	0,707	0,748	0,792	0,935	0,987	0,992	0,996	0,997
5	0,686	0,715	0,762	0,806	0,927	0,979	0,986	0,991	0,993
6	0,713	0,743	0,788	0,826	0,927	0,974	0,981	0,986	0,989
7	0,730	0,760	0,803	0,838	0,928	0,972	0,979	0,985	0,988
8	0,749	0,778	0,818	0,851	0,932	0,972	0,978	0,984	0,987
9	0,764	0,791	0,829	0,859	0,935	0,972	0,978	0,984	0,986
10	0,781	0,806	0,842	0,869	0,938	0,972	0,978	0,983	0,986
11	0,792	0,817	0,850	0,876	0,940	0,973	0,979	0,984	0,986
12	0,805	0,828	0,859	0,883	0,943	0,973	0,979	0,984	0,986
13	0,814	0,837	0,866	0,889	0,945	0,974	0,979	0,984	0,986
14	0,825	0,846	0,874	0,895	0,947	0,975	0,980	0,984	0,986
15	0,835	0,855	0,881	0,901	0,950	0,975	0,980	0,984	0,987
16	0,844	0,863	0,887	0,906	0,952	0,976	0,981	0,985	0,987
17	0,851	0,869	0,892	0,910	0,954	0,977	0,981	0,985	0,987
18	0,858	0,874	0,897	0,914	0,956	0,978	0,982	0,986	0,988
19	0,863	0,879	0,901	0,917	0,957	0,978	0,982	0,986	0,988
20	0,868	0,884	0,905	0,920	0,959	0,979	0,983	0,986	0,988