

A INFLUÊNCIA DO USO DE AGROTÓXICOS E DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA SOBRE OS CASOS DE INTOXICAÇÃO HUMANA: UMA ANÁLISE PARA OS ESTADOS BRASILEIROS ENTRE 2002 E 2018

José Heleno Alves da Silva¹
Fábio Rodrigues de Moura²
Fernanda Esperidião³

RESUMO

Compreender o processo de desenvolvimento agrícola brasileiro possibilita uma maior reflexão sobre os fatores que induzem o consumo de agrotóxicos e a ocorrência dos casos de intoxicação no Brasil, que necessitam ser amplamente discutidos na sociedade, principalmente frente ao cenário de maior liberalização desses produtos nos últimos anos. Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito do uso de agrotóxicos sobre o número de casos de contaminação humana nos estados brasileiros entre 2002 e 2018. A estratégia empírica consiste na construção de um modelo econométrico de painel dinâmico, com variável resposta dada pela ocorrência de intoxicações per capita nos estados. O modelo é estimado via System GMM, com diferentes especificações. Além da demanda por agrotóxicos e da produtividade agrícola como covariáveis de interesse na explicação dos casos de intoxicação, controla-se também por PIB per capita, crédito de custeio, educação e emprego. Os resultados apontam que o aumento nas vendas de agrotóxicos, na produtividade agrícola e o baixo nível educacional geram influência significativa sobre os casos de contaminações humana por agrotóxicos no país. Nesse sentido, faz-se necessário uma discussão mais ampla sobre as externalidades negativas geradas e que funcionam como entrave ao desenvolvimento rural sustentável

Palavras-chave: Agrotóxicos. Agricultura. Intoxicações.

Classificação JEL: 17 Desenvolvimento rural e local

ABSTRACT

Understanding the Brazilian agricultural development process allows for greater reflection on the factors that induce the consumption of pesticides and the occurrence of pesticide poisoning in Brazil, which need to be widely discussed in society, especially in light of the greater liberalization of these products in recent years. This work aims to evaluate the effect of pesticides on the number of cases of human contamination in Brazilian states between 2002 and 2018. The empirical strategy consists of estimating a dynamic panel model, with response variable given by per capita pesticide poisoning in the states. To achieve identification, we use the System GMM estimator with different specifications. In addition to the demand for pesticides and agricultural productivity as regressors of interest in explaining the cases of pesticide poisoning, we also control for GDP per capita, rural credit, education, and

¹ Mestrando pelo Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Sergipe, PPGE – UFS. Integrante do Núcleo de Estudo em Agroecologia do Agreste e Sertão Pernambucanos (NEASPE – UFPE/CAA). Membro do Laboratório de Economia Aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER – UFS). E-mail: helenoalves25@hotmail.com.

² Prof.º Dr. do Departamento de Economia e do Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Sergipe. Pesquisador do Laboratório de Economia aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER – UFS). E-mail: fabriomoura@gmail.com.

³ Prof.ª Dr.ª do Departamento de Economia e do Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Sergipe. Pesquisadora do Laboratório de Economia aplicada e Desenvolvimento Regional (LEADER – UFS). E-mail: nandaesper16@gmail.com.

employment. The results show that the increase in pesticide sales, agricultural productivity, and the low educational level generate a positive and significant influence on cases of human contamination by pesticides in the country. In this sense, it is necessary to have a broader discussion on the negative externalities generated by the cases of pesticide poisoning that act as an obstacle to sustainable rural development.

Keywords: Pesticides. Agriculture. Poisoning.

JEL Classification: 17 Rural and local development

1 Introdução

Discorrer sobre a política agrícola brasileira possibilita uma maior reflexão sobre os fatores que induzem o consumo de agrotóxicos e a ocorrência dos casos de intoxicação agrícola no Brasil, que necessitam ser amplamente discutidos, principalmente frente ao cenário de maior liberação de uso verificado nos últimos anos. Essa situação decorre da implementação de um modelo agrícola hegemônico visando atender, em especial, as demandas do mercado externo. Esse modelo molda os processos de produção e consumo motivado pela modernização conservadora na agricultura a partir da utilização de novas técnicas e tecnologias provenientes da Revolução Verde.

Esse modelo produtivista, iniciado por volta de 1960 e 1970, está subordinado aos anseios do mercado e, para tal, atua principalmente na produção de commodities agrícolas a partir da inserção do pacote tecnológico composto por agrotóxicos, sementes transgênicas, fertilizantes químicos e pela motomecanização (ASSIS, 2005).

De acordo com Bombardi (2011), o Brasil lidera o ranking mundial no consumo de agrotóxicos para a produção de alimentos e, apesar disso, ainda não ocupa a mesma posição na disponibilidade de gêneros alimentícios. Segundo dados do Ministério da Saúde (MS), o consumo de pesticidas quase que dobrou entre 2007 e 2013: elevou-se de 643.057.017 kg para 1.224.997.637 kg, respectivamente. Paralelamente, nesse mesmo período, verificou-se um aumento na quantidade de casos por intoxicação decorrente do uso de agrotóxicos (BRASIL, 2016).

Em 2009 no Brasil, segundo consta no Relatório do Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2015), o consumo de agrotóxicos ultrapassou de mais de 1 milhão de toneladas, o que correspondia a um consumo médio de 5,2 kg de agrotóxico agrícola por habitante, enquanto nos Estados Unidos em 2012 a média era de 1,8 kg por pessoa.

Os dados dos Censos de 1995-1996 e 2017 apontam que os gastos com agrotóxicos mais que quadruplicaram. Nessas três décadas, o gasto médio anual por estabelecimento subiu de aproximadamente R\$ 4,8 mil em 1995-1996 para quase R\$ 19,3 mil em 2017 (VALADARES; ALVES; GALIZA, 2020).

Ainda de acordo com os autores, ao comparar os dois últimos censos, verifica-se que há um aumento na proporção dos estabelecimentos agropecuários com até 50 hectares que utilizam agrotóxicos: de 23,69% em 2006 para 26,65% em 2017. A partir dessa faixa em hectares, a proporção de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos aumenta substancialmente, em mais de 10 pontos percentuais, de 27,50% em 2006 para 37,64% em 2017. É importante ressaltar que independentemente do tamanho da propriedade houve um crescimento do consumo desses produtos químicos, que se intensifica quanto maior for o latifúndio.

A problemática posta pelo uso massivo de agroquímicos tem consigo uma projeção além dos riscos à saúde, pois a degradação é preocupante ao meio ambiente devido à contaminação do solo, rios, lagos e o lençol freático. Além disso, com as chuvas e os métodos de irrigação, o agroquímico flui pela terra, degradando os cursos hídricos da região. Posto que, os agrotóxicos

dificultam a fixação de nitrogênio pelos microrganismos que habitam o solo, tornando-o infértil.

Desta forma, a pesquisa tem por objetivo geral avaliar o efeito do uso de agrotóxicos, via produção agrícola, sobre o número de casos de contaminação humana nos estados brasileiros entre 2002 e 2018. E, como objetivos específicos:

- i. Descrever a evolução do consumo de agrotóxicos e da produção agrícola estadual entre 2002 e 2017;
- ii. Investigar os elementos que induzem o consumo dos agrotóxicos;
- iii. Analisar, por meio de um modelo econométrico de painel dinâmico, a relação entre o consumo de agrotóxicos e os casos de intoxicação humana.

A principal contribuição deste trabalho é fortalecer a discussão dos efeitos do uso de agrotóxicos sobre a saúde pública, com base em uma análise empírica para os estados brasileiros. Para isso, serão considerados no estudo os agrotóxicos de uso agrícolas, domésticos, saúde pública e raticidas. Ademais, o presente estudo é oportuno para expandir a discussão sobre o papel do Estado na promoção de ações para o desenvolvimento econômico sustentável ancoradas na valorização não apenas da geração presente, mas sobretudo à garantia do futuro geracional.

2 Referencial Teórico

Objetivando fundamentar esta pesquisa, duas categorias analíticas comporão o arcabouço conceitual que subsidiará todo o desenvolvimento deste trabalho, sendo elas a questão fundiária na estrutura agrária brasileira e a origem e *boom* dos agrotóxicos.

A primeira é importante para explicar o processo de constituição e organização das unidades produtoras (latifúndio). A segunda, e central, terá a finalidade de circunscrever toda a discussão acerca da utilização dos agrotóxicos voltadas à agricultura e os casos de intoxicações. Portanto, essas categorias são oportunas para a investigação do papel da estrutura agrária brasileira que rege o modo de produção no campo e conduzirão os questionamentos e objetivos deste estudo.

A estrutura fundiária brasileira está calcada na apropriação privada da terra ao longo de mais de 500 anos instaurada a partir da colonização, negando o acesso ao interesse público (CARVALHO, 2010). Após a independência e com a abolição dos morgados, a herança concentrada em um único herdeiro – o primogênito – tinha legitimidade para constituir a base de uma aristocracia fundiária. Com a Lei de Terras, criada em 1850, foi observado um caráter ambíguo e conservador, constituindo e reforçando o poder a grandes proprietários de terra, fato este que se deu na criação da Guarda Nacional, dando a eles poderes militares e políticos.

Os grandes proprietários e fazendeiros têm como prioridade utilizar a terra como uma mercadoria qualquer que lhe renda lucros crescentes. Essa é a razão pela qual pode ser explicado o desnível acentuado nos padrões do trabalhador rural, em todas as regiões do país, inclusive as desenvolvidas. Muitas vezes a precariedade é tamanha que pode ser caracterizada como regime de servidão. No entanto, a miséria vivenciada no campo acaba interferindo, mesmo que indiretamente, nos padrões urbanos a partir dos baixos salários e precarização do trabalho nas indústrias e outras atividades urbanas, ou seja, a baixa remuneração do trabalhador rural concorre com o urbano, deprimindo o preço (PRADO JÚNIOR, 2000).

De acordo com Carvalho (2010), o funcionamento da agropecuária brasileira está ancorado na maior soma de renda e/ou lucros em curto intervalo de tempo possível, aliado à redução dos custos no menor nível possível. Além disso, é permeado pela reforçada escalada de violência sob diversas formas, garantindo assim a acumulação de capitais. Isso reforça o

caráter de estranhamento entre aqueles que necessitam da terra para garantir a sua subsistência, se opondo à forma como o latifúndio se organiza visando apenas transacionar a terra e os produtos nela produzidos.

A inserção do capitalismo no campo, do qual resulta e necessita para a sua existência da concentração fundiária, propicia ao empreendedor mercantil o alicerce fundamental à produção de monocultura extensiva e força de trabalho de baixo custo. Aliado a terras férteis e com recursos naturais abundantes, o latifúndio goza de ampla e generalizado aporte de recursos financeiros do fundo público brasileiro, como: linhas de crédito subsidiado, renúncias fiscais, viabilização de mercados, infraestrutura etc., colocando em segundo plano a pequena propriedade, desprovida de qualquer fonte de recursos, tornando-se inviável (LIMA, 1999).

Para Oliveira (2007), a agricultura capitalista – representada pelo agronegócio importado sob o manto do *agrobusiness* originado nos Estados Unidos (EUA) – é fundamental por muitos estudiosos para garantir a manutenção da balança comercial do Brasil, assim como a produção de gêneros alimentícios, discurso este que corrobora na manutenção de privilégios políticos e econômicos a uma minoria abastada.

A Segunda Revolução Agrícola iniciou no final do século XIX nos Estados Unidos e Europa, marcada pela passagem da agricultura tradicional para a intensiva em insumos que foi denominada de moderna ou convencional. Tornou-se um modelo crescente de dependência de produtos advindos da indústria, bem como de certa homogeneização das agriculturas mundiais com fortes agressões à natureza. A Inglaterra, em 1850, evidenciou que era possível cultivar monocultivos de cereais no mesmo solo por muito tempo com a introdução de fertilizantes químicos (BIANCHINI; MEDAETS, 2013).

No Brasil, os agrotóxicos não podem ser compreendidos apenas como um conjunto de substâncias químicas com risco potencial à saúde. É imprescindível o entendimento acerca do contexto em que são utilizados, destacando o papel da modernização da agricultura conservadora e sua inter-relação com a reestruturação produtiva no meio rural e a divisão internacional do trabalho, delegando ao país a produção de commodities agrícolas.

Essa lógica sobre o agronegócio não deve ser vista apenas em sua dimensão territorial e de monocultivos, mas sobretudo como a existência de um subsistema técnico e político que abarca diversos setores, tais como: o capital financeiro; a indústria química e de biotecnologia, sementes; metalmecânica dentre outras. Portanto, esse é o contexto em que os agrotóxicos passam a ser uma necessidade para o setor agrário e ao mesmo tempo torna a população e tudo o que a cerca vulneráveis (RIGOTTO, 2010).

Conforme argumentam Pelaez et al. (2015), o período que compreende os anos de 1950 até meados da década de 1970 foi caracterizado pela criação de um mercado consumidor de agrotóxicos. Para isso, dois instrumentos da política foram utilizados: i) redução dos custos de produção, decorrentes das isenções de impostos e ii) linhas de crédito rural que incentivavam o seu uso. Fato este que fez com que o Brasil nos anos 2000 apresentasse a maior taxa de crescimento referente a importação de agrotóxicos, ocupando o segundo maior mercado do mundo, correspondendo à ordem de US\$ 11,5 bilhões com vendas em 2013 e como maior importador mundial, cerca de US\$ 3 bilhões ao ano.

No Brasil, havia cerca de 13.300 registros de agrotóxicos no início de 2019, conforme publicado pela Associação Brasileira de defensivos Pós-Patente (Aenda), no mesmo ano. Em 2017, dos 517 ingredientes ativos autorizados, dez respondiam por cerca de 70% do total consumido. Dentre eles, apenas o glifosato e o 2,4-D responderam por 43% do total. Além disso, a aplicação desses produtos se concentra em algumas lavouras (*commodities*) – os dados se referem ao ano de 2016 – tais como: soja (56%), milho (10%), cana-de-açúcar (10%), algodão herbáceo (5%), café (3%) e outros (17%). Nesse sentido, apenas as três primeiras consumiram cerca de três quartos do total de agrotóxicos consumidos no Brasil (MORAES, 2019).

Segundo Silva et al. (2019), dentre os estados que mais consumiram agrotóxicos entre 2007 e 2013, o Mato Grosso ocupa a primeira posição com 207 milhões de litros aplicados às lavouras; o Paraná na segunda com 135 milhões de litros e o Rio Grande do Sul em terceiro com 134 milhões de litros. Em contrapartida, no ano de 2013, os casos de intoxicações por agrotóxicos no Brasil foram de 6,23 casos em cada 100 mil habitantes. No período de 2007 a 2014, ocorreu um acréscimo de 87% de casos registrados, contabilizando 68.873 ocorrências.

De acordo com Valadares, Alves e Galiza (2020), ao analisarem o Censo Agropecuário de 2017 em comparação ao de 2006, observou-se a redução da área verde, constatando o aumento da utilização dos agrotóxicos nos municípios situados nas bordas da Amazônia Legal, com destaque para as áreas ao norte do Mato Grosso e Maranhão, assim como a intensificação desses produtos no centro-sul de São Paulo, destacando-se como o maior produtor de cana-de-açúcar do país, seguindo pelo oeste do Paraná e de Santa Catarina, até a região norte do Rio Grande do Sul. Os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) sinalizam para uma significativa retração, em todos os grupos da área colhida de lavouras tradicionais destinadas à alimentação brasileira, tais como: arroz, feijão e mandioca. Em contrapartida, observa-se um aumento, em todos os grupos de municípios, de culturas destinadas à produção de commodities, a soja como a que mais cresceu, seguida pela cana-de-açúcar.

É válido destacar que uso de agrotóxicos ocasiona uma série de externalidades negativas, em especial os organossintéticos, são mecanismos que desencadeiam desequilíbrios biológicos, haja vista que esses produtos prejudicam mais aos inimigos naturais (predadores e parasitos) que as próprias pragas. Assim, há de se considerar três situações que validam essa premissa. Primeira, quanto aos inimigos naturais, esses são em menor quantidade populacional em relação às pragas de que se alimentam, dado que os predadores ocupam um nível trófico mais elevado na cadeia alimentar. Então, quando um agrotóxico inadequado é utilizado, há mortalidade maior nos predadores e parasitos que nas pragas.

Segunda, nos predadores e parasitas, a variabilidade genética é menor que nas das pragas, ou seja, os genes designados à resistência aos agroquímicos são mais facilmente transmitidos às novas populações das pragas. E, por último, as espécies fitófagas ao longo do tempo de seleção natural e evolução adquiriram certa resistência aos produtos químicos advindos das próprias plantas como mecanismo de autodefesa (PASCHOAL, 2019).

Hess (2019) constatou que, embora muitas substâncias tóxicas tenham sido banidas na União Europeia (UE), são largamente utilizadas no Brasil, tais como: atrazina, metolacolor, simazina, permetrina, bromopropilato, propargite e propiconazol. Todos esses produtos químicos foram encontrados nas águas catarinenses, contrastando com a UE sobre a potabilidade, que é mensurada a partir do Limite Máximo de Resíduos (LMR) em micrograma por litro ($\mu\text{g/L}$), como a seguir: Atrazina (herbicida) na UE apresenta LMR de $0,1 \mu\text{g/L}$, enquanto no Brasil é de $2 \mu\text{g/L}$, ou seja, 20 vezes maior; Acefato (inseticida/acaricida) na UE é $0,1 \mu\text{g/L}$ e no Brasil não há limite, e o Malationa (inseticida/acaricida) na UE é permitido até $0,1 \mu\text{g/L}$ e no Brasil não há limite de uso para essa substância.

Santana-Mayor et al. (2020) avaliaram os resíduos tanto de agrotóxicos quanto de risco em vinhos tintos. Foram detectadas 173 substâncias comumente utilizadas nos cultivares de uva. Os agentes tóxicos foram encontrados em diferentes vinhos tintos e regiões, tais como: Ilhas Canárias, Península Ibérica e Cabo Verde). Os vinhos das Ilhas Canárias e Península tiveram quantidades residuais semelhantes, no entanto em Cabo Verde a ocorrência e quantidade de contaminantes foram bem expressivas e decorrem, principalmente, da maior utilização desses agentes na região.

Souza, Machado e Lorenz (2021) apontam que 25% da água no país, disponibilizada para abastecimento da população pelos sistemas municipais, encontram-se, atualmente, com vários resíduos de IA de agrotóxicos com potencial risco de contaminação ao ser humano. O Ministério Público de Santa Catarina (MPSC), por meio do Programa Institucional para o

tratamento e qualidade da água catarinense, evidenciou diversas irregularidades, dentre elas a presença de ativos de agrotóxicos. Cerca de 88 municípios tiveram amostras de água coletadas para análises e, com isso, averiguou-se a presença de substâncias tóxicas em 2019: 43 municípios estavam com agrotóxicos nas águas provenientes de 41 sistemas de abastecimento de 04 (quatro) mananciais.

Oliveira et al. (2018) desenvolveram um estudo que buscou compreender o processo de poluição ambiental via agrotóxicos em Campo Novo do Parecis, Sapezal e Campo de Júlio, em Mato Grosso. O método utilizado foi o modelo interpretativo integrado, multidimensional e contextualizado, pois considera o fenômeno contaminação como um processo histórico, socio-sanitário-ambiental, com vista a superar a abordagem restrita apenas aos resultados laboratoriais. Identificou-se que a contaminação rural por agentes tóxicos decorre, principalmente, dos latifúndios especializados na produção agrícola de larga escala. Observou-se também o elevado uso dos agrotóxicos per capita entre 350 e 600 litros/habitante (o glifosato representou cerca de 45% do volume total). Ademais, acrescenta-se as recentes autorizações para o uso do inseticida benzoato de emamectina e da soja e milho transgênicos que são resistentes ao 2,4-D.

3 Estratégia Empírica

Mensurar a relação entre os casos de intoxicações, sobretudo provenientes do consumo de agrotóxicos, não é uma tarefa trivial, considerando-se as diversas discussões sobre a temática ao longo do tempo e em diversos campo do saber. Para tanto, será apresentado um arcabouço metodológico que subsidiará essa pesquisa, além da base de dados e das descrições das variáveis utilizadas no modelo econométrico.

3.1 Painel Dinâmico

Tendo a finalidade de alcançar os objetivos propostos neste trabalho, utilizou-se o modelo econométrico de dados em painel, sendo este composto pela combinação de dados transversal com série de tempo. Tendo em vista que muitas relações econômicas por natureza são dinâmicas, uma das vantagens em utilizar esse método é a possibilidade de permitir ao pesquisador compreender melhor a dinâmica do ajustamento (BALTAGI, 2005). Além disso, disponibiliza graus de liberdade adicionais permitindo estimativas mais eficientes, dada a maior variabilidade dos dados que reduz o problema de variáveis omitidas que não variam no tempo, entendido como o efeito fixo não observado (WOOLDRIDGE, 2002).

Há de se considerar que a variação dos casos de intoxicação possua características inerciais que persistem ao longo do tempo entre os estados brasileiros. Assim, para a especificação do modelo faz-se necessário controlar por esse fator dinâmico de ajustamento. Conforme Blundell e Bond (1998), para que um modelo seja considerado dinâmico a variável dependente defasada, necessariamente, consta no vetor de covariáveis. Por essa razão, o nível de contaminação por agrotóxicos (controlado pela ocorrência de intoxicação observada em cada estado) que ocorreu no passado tende a influenciar os níveis de contaminação futuros, como se segue:

$$y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + \mathbf{x}_{i,t}^\top \boldsymbol{\beta} + \varepsilon_{i,t}, \quad (1)$$

em que $y_{i,t}$ representa a ocorrência de intoxicações, $\mathbf{x}_{i,t}^\top$ é o vetor de covariáveis (potencialmente endógenas ou predeterminadas) e ε o termo de erro idiossincrático. Os subscritos i e t indexam os estados e os períodos de tempo, respectivamente.

O termo de erro composto inclui os efeitos específicos não observados e constantes no tempo que afetam as intoxicações em cada estado, representado por η_i , e os choques aleatórios não observáveis ao longo do tempo, $v_{i,t}$:

$$\varepsilon_{i,t} = \eta_i + v_{i,t}. \quad (2)$$

Logo, o modelo dinâmico pode ser reescrito da seguinte forma:

$$y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + \mathbf{x}_{i,t}^\top \boldsymbol{\beta} + \eta_i + v_{i,t}. \quad (3)$$

Assume-se a hipótese de que o termo de erro $v_{i,t}$ tem média nula e é não correlacionado com o efeito fixo, $E[v_{i,t}] = E[\eta_i v_{i,t}] = 0$ para $i = 1, \dots, N$ e $t = 1, \dots, T$. Ademais, o erro é não autocorrelacionado, ou seja, para todo $t \neq s$ $E[v_{i,t} v_{i,s}] = 0$, e assume-se as condições iniciais $E[y_{i,1} v_{i,t}] = 0$ para $i = 1, \dots, N$ e $t = 2, \dots, T$.

Para controlar os efeitos fixos estima-se o modelo em primeira diferença:

$$\Delta y_{i,t} = \alpha \Delta y_{i,t-1} + \Delta \mathbf{x}_{i,t}^\top \boldsymbol{\beta} + \Delta v_{i,t}. \quad (4)$$

Há ainda viés na especificação do modelo dado que $\Delta y_{i,t-1} = y_{i,t-1} - y_{i,t-2}$ e $\Delta v_{i,t} = v_{i,t} - v_{i,t-1}$ são correlacionados (o mesmo para o subconjunto de $\mathbf{x}_{i,t}^\top$ formado por variáveis predeterminadas). Para corrigir a endogeneidade existente entre o termo de erro e a primeira diferença da variável resposta defasada, Arellano e Bond (1991) propõem que seja utilizado como instrumento a variável dependente em nível a partir da segunda defasagem.

Contudo, Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) consideram que esses instrumentos podem ser fracos quando a pretensão for produzir estimadores consistentes para amostras com T pequeno, em especial quando a variável resposta se aproxima de um passeio aleatório ($\alpha \rightarrow 1$) ou quando razão $\sigma_\eta^2 / \sigma_v^2$ cresce. Os autores sugerem o uso do Método dos Momentos Generalizados, combinando a equação em nível com a equação em primeira diferença, gerando o conhecido estimador System-GMM.

Ademais, para a eliminação dos efeitos fixos em (3) Arellano e Bover (1995) também propõem a transformação em desvios ortogonais para frente. Para uma determinada variável $w_{i,t}$ do sistema, a transformação em desvios ortogonais para frente, dada por

$$\tilde{w}_{it} = \left(w_{it} - \frac{\sum_{j=t+1}^{T_i} w_{ij}}{T_i - t} \right) \sqrt{\frac{T_i - t}{T_i - t + 1}}, \quad (5)$$

subtrai da realização contemporânea de cada período a média dos valores futuros disponíveis, preservando a ortogonalidade entre os termos de erro (transformados) e as defasagens em nível de $w_{i,t}$. A transformação em desvios ortogonais para frente é especialmente útil em painéis desbalanceados, pois reduz a perda informacional em comparação à primeira diferença.

A abordagem do System-GMM pode ser entendida como um empilhamento de equações em diferença com a adição das equações em nível, permitindo assim realizar uma estimação GMM que terá como instrumentos as variáveis defasadas em primeira diferença para a equação em nível, conjuntamente com as variáveis em nível defasadas para a equação em primeira diferença, gerando ganho de eficiência. A consistência presente no estimador System-GMM depende fundamentalmente da hipótese das condições iniciais e da ausência de correlação entre os instrumentos e o termo de erro. Assumindo-se que não há correlação serial na especificação do modelo em nível, há correlação serial de primeira ordem na primeira diferença, mas espera-

se não rejeitar a nula de ausência de autocorrelação de ordem $p \geq 2$ na primeira diferença dos resíduos, o que invalidaria o uso dos instrumentos na defasagem p .

Para verificar o desempenho do conjunto de instrumentos, utiliza-se o teste de Sargan/Hansen para testar as restrições de sobreidentificação: sob a hipótese nula, as defasagens da variável resposta (e das covariáveis declaradas como endógenas) são, conjuntamente, instrumentos válidos no sistema (aproximadamente exógenos, com base na informação amostral). Caso a nula seja rejeitada, há evidência de correlação não desprezível entre os instrumentos e o termo de erro (fragilizando o uso do conjunto de instrumentos proposto).

3.2 Modelo Empírico e Base de Dados

A amostra compreende as 26 Unidades Federativas do Brasil no período entre 2002 e 2018. Os casos de contaminação humana por agrotóxicos são medidos pela taxa de intoxicação per capita. As covariáveis de interesse deste estudo são as vendas internas de agrotóxicos e a produtividade agrícola. Como controle, tem-se as variáveis de PIB per capita, educação, empregos formais e crédito rural de custeio. O período de 2002 a 2018 foi utilizado devido à disponibilidade de dados.

O modelo dinâmico a ser estimado é dado por:

$$\begin{aligned} \log \text{Intoxi}_{i,t} = & \beta_1 \log \text{Intoxi}_{i,t-1} + \beta_2 \log \text{Agrotoxi}_{i,t} + \beta_3 \log \text{Prod}_{i,t} + \beta_4 \log \text{PIBpc}_{i,t} \\ & + \beta_5 \text{Custeio}_{i,t} + \beta_6 \text{Edu}_{i,t} + \beta_7 \text{Emp}_{i,t} + \eta_i + \nu_{i,t}, \end{aligned} \quad (5)$$

em que Intoxi é a taxa de intoxicação humana per capita, Agrotoxi são as vendas domésticas de agrotóxicos, Prod captura a produtividade agrícola estadual, PIBpc é o PIB per capita estadual, Custeio mede o volume médio de crédito agrícola de custeio, Edu é uma medida de nível educacional e Emp mede os empregos formais no setor agrícola. As variáveis de crédito, educação e emprego entram em nível na especificação proposta, enquanto as demais estão em logaritmo.

Os dados da variável resposta foram obtidos junto ao Sistema Único de Saúde (SUS), por meio do departamento de informática (DATASUS) em Doenças e Agravos de Notificação (SINAN), na modalidade de intoxicação exógena. Esse resultado refere-se à quantidade de pessoas intoxicadas por agentes exógenos tais como: agrotóxicos de uso agrícola, agrotóxico de uso doméstico, agrotóxico de uso na saúde pública e raticida.

A descrição das demais variáveis utilizadas no modelo empírico, bem como a motivação da forma funcional proposta, é dada a seguir:

- i. **Vendas internas de agrotóxicos (Agrotoxi):** de acordo com a análise teórica, o crescimento das vendas internas de agrotóxicos gera um efeito positivo nos casos de intoxicação, principalmente humana. Os dados foram coletados no site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama), em Histórico de vendas de agrotóxicos e afins no Brasil. A variável é medida em toneladas de ingredientes ativos vendidos para cada estado. Para os anos de 2007 e 2008, o IBAMA não computou os dados de vendas enviados pelas empresas. A fim de evitar perda maior de informação amostral, os valores faltantes para esses dois anos foram interpolados por meio de um polinômio cúbico de Hermite (Moler, p. 100) para cada estado. Dado que vendas internas não implica quantidade utilizada no mesmo intervalo de tempo, outras covariáveis podem auxiliar a captar a informação da quantidade efetivamente utilizada de agrotóxicos em cada período de tempo no processo produtivo.

- ii. **Área plantada:** área plantada total para lavouras temporárias e permanentes, mensurada em hectares. Utilizada para normalizar os valores de produção agrícola, crédito de custeio, e emprego formal. Os valores foram obtidos a partir da Produção Agrícola Municipal (PAM)/IBGE, que investiga anualmente as principais lavouras do país.
- iii. **Produção agrícola por área plantada (Prod):** valor da produção total das lavouras temporárias e permanentes, em R\$ milhares, dividido pela área plantada. Os dados foram retirados da PAM/IBGE. A variável de produtividade agrícola busca captar o efeito do uso de agrotóxicos supondo-se controlado a quantidade “oficial” de agrotóxicos vendida, i.e., visa capturar o efeito do uso de agrotóxicos ou ainda a intensividade do seu uso (assumindo-se o aumento da produtividade como proxy para a quantidade efetivamente utilizada de agrotóxicos).
- iv. **PIB per capita (PIBpc):** PIB por habitante dos estados brasileiros, em R\$, colhidos no Sistema de Contas Regionais/IBGE. O efeito esperado do PIB per capita não é bem definido a priori. Por um lado, estados mais ricos podem estimular a demanda por produtos agrícolas orgânicos e menos intensivos no uso de agrotóxicos, gerando um efeito negativo na ocorrência de novos casos de intoxicação. Por outro lado, um incremento no PIB per capita pode estimular a demanda por produtos agrícolas com menor preço relativo, os quais, em geral, são intensivos no uso de agrotóxicos.
- v. **Crédito de custeio agrícola por área plantada (Custeio):** financiamento agrícola para custeio, em R\$ (média por contrato de custeio), dividido pela área plantada. A principal finalidade do crédito de custeio é a aquisição de insumos para o plantio, tornando-se uma variável de controle importante para a quantidade vendida de agrotóxicos. Ademais, o crédito de custeio pode também captar a aquisição de insumos não controlados pela variável de vendas internas, e que contribuam para a intoxicação humana. Dado que o crédito rural não atinge a todos os produtores, esse recurso foi considerado não essencial para a geração do output agrícola; logo, a variável de crédito encontra-se em nível na especificação do modelo. Os dados foram obtidos no sítio do Banco Central do Brasil (Bacen) na matriz de crédito rural.
- vi. **Educação (Edu):** porcentagem estimada de brasileiros em cada estado com idade acima de 15 anos que sabem ler e escrever. Os dados foram coletados no Censo Escolar, sendo esse o principal instrumento de coleta de informações da educação básica e a mais importante pesquisa estatística educacional brasileira. Supõe-se que um maior nível educacional contribui para melhores práticas de saúde, potencialmente reduzindo o número de intoxicados. A variável de educação é uma proporção, e por conseguinte encontra-se em nível na forma funcional do modelo.
- vii. **Emprego por área plantada (Emp):** total do emprego formal da agricultura, retirado da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para cada estado, dividido pela área plantada. Assume-se que o emprego formal sempre subestima (por vezes substancialmente) a verdadeira população empregada no campo. Dessa forma, o estoque de trabalhadores formais, medido pelos resultados da RAIS, é considerado um subconjunto dos insumos não essencial na função de produção agrícola, e a variável emprego entra em nível na especificação do modelo empírico. A variável de emprego visa captar a exposição aos agrotóxicos.

O Quadro 4 resume as variáveis utilizadas no modelo econométrico. As variáveis monetárias, como valor da produção agrícola, crédito de custeio e PIB per capita foram deflacionadas pelo IPCA, base 2018.

Quadro 4 – Descrição das variáveis

Descrição	Variável/Tipo	Sigla	Dimensão	Fonte	Sinal Esperado
Intoxicação per capita	Resposta	Intoxi	Saúde pública	DATASUS	+ (ajuste dinâmico)
Vendas internas de agrotóxicos	Regressor de interesse	Agrotoxi	Econômica	Ibama	+
Produção Agrícola por área plantada	Regressor de interesse	Prod	Territorial	PAM	+
PIB per capita	Controle	PIBpc	Econômica	IBGE/SCR	Não Definido
Crédito de Custeio por área plantada	Controle	Custeio	Financeira	BACEN	+
Educação	Controle	Edu	Capital humano	Censo Escolar	-
Emprego por área plantada	Controle	Emp	Força de trabalho	RAIS	+

Fonte: Elaboração própria.

Como parte da estratégia de identificação do modelo, admite-se que um subconjunto das covariáveis é endógeno no sistema devido à simultaneidade. A endogeneidade de covariáveis declaradas como endógenas pode ser mitigada com o uso de instrumentos do tipo GMM, em especificação semelhante ao utilizado na variável resposta defasada.

Assume-se que a variável de emprego, produtividade e PIB per capita são potencialmente simultâneas no sistema. Com relação ao emprego, entende-se que a quantidade de intoxicados potencialmente o número de empregados formais na ativa, dado que pessoas intoxicadas podem apresentar debilidades a ponto de não integrarem a força de trabalho durante um certo intervalo de tempo. A produtividade é afetada contemporaneamente dado que um incremento no número de pessoas intoxicadas pode implicar uma redução no estoque de trabalhadores disponíveis no campo (formais e informais), desencadeando um efeito adverso na produtividade. Ademais, pessoas intoxicadas (não apenas os trabalhadores do campo) tem sua produtividade e capacidade de geração de renda potencialmente reduzidas, afetando o PIB per capita

4 Discussão e Análise dos Resultados

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis selecionadas (todas em nível) para os recortes de 2002 e 2018, e para o período amostral completo. Chama a atenção o grande crescimento na média de ocorrência per capita de intoxicações ao longo da janela temporal, bem com o crescimento no volume vendido de agrotóxicos.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis

2002					
Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Obs
Intoxi	13,829	16,343	0,610	59,925	24
Agrotoxi	5406,861	10107,790	12,103	45163,820	27
Prod	3,373	1,593	0,509	8,157	27
PIBpc	16889,430	11179,030	6131,776	62057,720	27
Custeio	0,145	0,362	0,00185	1,460	27
Edu	85,824	8,137	68,820	94,850	27
Emp	23,800	20,220	3,770	90,494	27
2018					
Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Obs
Intoxi	75,752	50,559	9,644	196,112	27
Agrotoxi	18891,700	27899,280	106,149	98818,760	27
Prod	5,020	2,577	1,760	12,658	27

PIBpc	27873,330	14765,280	14874,900	82568,710	27
Custeio	0,907	2,082	0,00553	9,138	27
Edu	91,337	4,869	82,800	97,600	27
Emp	33,786	33,802	5,320	181,342	27
2002-2018					
Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Obs
Intoxi	43,899	40,958	0,281	196,112	434
Agrotoxi	12902,140	21452,180	4,580	104901	459
Prod	4,254	2,410	0,509	29,797	459
PIBpc	24203,810	14419,300	6131,776	86534,320	459
Custeio	0,343	1,140	0,00172	10,793	459
Edu	88,502	6,597	68,820	97,600	459
Emp	29,905	27,885	3,474	282,678	459

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 3 apresentadas as estimativas obtidas para a especificação do painel dinâmico via estimador System-GMM two-step com matriz de instrumentos colapsada. Como estratégia para redução na contagem de instrumentos, utilizou-se um número máximo de defasagens (8 defasagens) igual à metade do total de anos disponíveis. Apresentam-se também as estimativas via painel linear de efeitos fixos (estimador within) e MQO Pooling.

Tabela 3 – Resultados da estimação para o modelo dinâmico de intoxicação

Variáveis	MQO (pooled)	Efeito Fixo (within)	System GMM (FD, two-step)	System GMM (FOD, two-step)	System GMM (FD, two-step)	System GMM (FOD, two-step)
log Intoxi	0,827*** (0,025)	0,627*** (0,066)	0,682*** (0,097)	0,693*** (0,056)	0,695*** (0,090)	0,695*** (0,054)
log Agrotoxi	0,028 (0,017)	0,065 (0,904)	0,128** (0,062)	0,100* (0,053)	0,112 (0,072)	0,113** (0,058)
log Prod	0,108 (0,070)	0,143 (0,202)	0,413 (0,276)	0,301 (0,332)	0,728*** (0,271)	0,708** (0,289)
log PIBpc	0,235** (0,097)	0,723** (0,280)	0,968** (0,489)	1,111*** (0,396)	0,526 (0,553)	0,860** (0,432)
Custeio	0,042* (0,021)	0,124*** (0,032)	0,175 (0,137)	0,123 (0,067)	0,071 (0,076)	0,095 (0,060)
Edu	-0,015* (0,008)	0,008 (0,027)	-0,096 (0,062)	-0,092** (0,039)	-0,065 (0,053)	-0,093* (0,050)
Emp	-0,001*** (0,000)	-0,000 (0,003)	0,0040 (0,0086)	0,0029 (0,0064)	-0,0016 (0,0109)	0,0001 (0,008)
Nº de Observações	403	403	403	403	403	403
Lag dos Instrumentos			2 a 17	2 a 17	2 a 8	2 a 8
Nº de Instrumentos			68	68	36	36
Teste de Sargan			60,16 p = 0,47	56,89 p = 0,59	48,41 p = 0,010	44,19 p = 0,027
Teste de Hansen			20,47 p = 1,00	22,59 p = 1,00	16,09 p = 0,965	17,46 p = 0,939

Fonte: Elaboração própria.

Nota: *** significativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%. Erro-padrão robusto entre parênteses. FD: Primeira diferença. FOD: Desvios ortogonais para frente.

Primeiramente, observa-se um resultado relevante para o mecanismo de ajuste parcial (efeito dinâmico) na ocorrência de intoxicações, com um coeficiente significativo de aproximadamente 0,70 em todas as estimativas do System GMM. O coeficiente da variável resposta defasada captura um efeito comportamental, de transferência de informação ou de persistência. Por essa razão, é possível inferir a existência de um grau significativo de persistência ou inércia temporal relacionada às intoxicações por agrotóxicos nos estados brasileiros, i.e., os eventos que ocorreram no passado possuem um potencial relevante de influenciar o nível de contaminação atual. O termo dinâmico pode estar captando uma inércia de comportamento de saúde não adequado (hábito), influenciando positivamente os resultados futuros de contaminação. Ou, ainda, essa persistência implica um resultado esperado natural e significativo para a ocorrência de intoxicações nos estados, particularmente diante de uma conjuntura institucional que facilita e estimula o uso de agrotóxicos no país.

Segundo o Sinan, responsável pela coleta de dados gerados pelo Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SNVE), no período de 2007 a 2017, cerca de 41,6 mil casos de intoxicação por agrotóxicos de uso agrícola acumularam-se em escala crescente. Em 2002 foram registrados 2,2 mil casos de contaminação; em 2017, foram 5,1 mil notificações, ou seja, mais que o dobro (VALADARES; ALVES; GALIZA, 2020).

Tal fato também foi constatado por Okuyama, Galvão e Silva (2020) em que as intoxicações por agrotóxicos acarretam elevada chance de morbimortalidade. Concluiu-se que em cada 100 intoxicações por esses agentes tóxicos quatro evoluíram para óbito. Além disso, os indivíduos com idade mais avançada, homens e trabalhadores da agropecuária, tentativas de suicídio e produtos extremamente tóxicos apresentaram maior probabilidade de causarem morte.

As estimativas do coeficiente da variável dependente defasada via System GMM encontram-se no intervalo esperado: acima da estimativa within de efeitos fixos, que apresenta viés para baixo (viés de Nickell) e abaixo da estimativa MQO empilhado, que tem viés para cima (BALTAGI, 2000). O teste de robusto Hansen mostra uma baixa estatística chi-quadrado para as estimativas via System GMM, com p-valor acima de 0,9, o que pode ser uma evidência de viés causado pela contagem de instrumentos. Ao estimar o modelo com instrumentos até a sétima defasagem, gera-se uma estatística de Hansen de 18,91, com p-valor igual a 0,757, sem, contudo, alterar de forma significativa os resultados dos coeficientes frente ao apresentado na Tabela 3 com até oito defasagens (embora esse último apresente coeficientes mais significativos). Decidiu-se permanecer com o modelo com até oito defasagens. Os testes de autocorrelação também sugerem ausência de correlação serial de segunda ordem ou superior nos resíduos em primeira diferença, como esperado.

Tabela 4 – Teste Arellano-Bond de autocorrelação em primeira diferença

	System GMM (FD, two-step)	System GMM (FOD, two-step)	System GMM (FD, two-step)	System GMM (FOD, two-step)
AR (1)	-3,11 p = 0,002	-3,32 p = 0,001	-3,18 p = 0,001	-3,31 p = 0,001
AR (2)	0,07 p = 0,942	0,04 p = 0,965	0,03 p = 0,979	0,08 p = 0,938
AR (3)	0,54 p = 0,590	0,59 p = 0,557	0,72 p = 0,469	0,61 p = 0,541
AR (4)	-1,29 p = 0,196	-1,40 p = 0,161	-1,57 p = 0,116	-1,49 p = 0,135
AR (5)	0,22 p = 0,827	0,27 p = 0,788	0,56 p = 0,573	0,44 p = 0,660
Nº de	403	403	403	403

Observações				
Lag dos Instrumentos	2 a 17	2 a 17	2 a 8	2 a 8
Nº de Instrumentos	68	68	36	36

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a literatura, espera-se uma relação positiva entre as vendas de agrotóxicos e as intoxicações humanas. A elasticidade das ocorrências de intoxicações em relação às vendas de agrotóxicos é significativa na maioria das estimativas GMM positiva, com um coeficiente pontual de 0,11 na estimativa System GMM com menor número de instrumentos. Para um aumento de 10% nas vendas domésticas de agrotóxicos, estima-se uma elevação de aproximadamente 1% nas ocorrências per capita de intoxicações.

A variável de vendas de agrotóxicos busca captar o uso desses insumos pelos produtores. Contudo, acrescenta-se o fato de que, no período entre 2009 e 2018, cerca de 433.558,31 mil toneladas de agrotóxicos foram comercializadas sem definição da região/local das vendas (IBAMA, 2021) e, por isso, não foram computadas pela variável de vendas. Tipicamente trata-se de um erro de medida, a princípio subestimando o real volume demandado nos estados.

A variável de produtividade pode ajudar a captar o uso de agrotóxicos não medido pela variável de vendas. A elasticidade das intoxicações per capita em relação à produtividade agrícola, *ceteris paribus*, é significativa e com magnitude relevante, com coeficiente estimado em torno de 0,71 na especificação System GMM com até oito defasagens e desvios ortogonais para frente.

O aumento da produtividade, geralmente, vem acompanhado de outros fatores, a saber: i) intensidade do uso; ii) descontrole dos agrotóxicos e iii) sujeitando os trabalhadores a um maior risco pelo uso intensivo dos químicos, frequentemente desprotegidos. É importante destacar que o aumento da produtividade necessita de um uso cada vez mais intenso de agrotóxicos, porque além das pragas se tornarem mais resistentes, há também o desenvolvimento de outras variantes.

Logo, a produtividade agrícola no modelo capta fortemente o efeito sobre o número de casos de contaminações, com elasticidade próxima a 1 (incluída no intervalo de confiança a 95%) controlando-se as demais variáveis. Na realidade, não se rejeita a hipótese nula de que a soma da elasticidade das vendas de agrotóxicos e da produtividade é igual a 1 ($\chi^2 = 0,32$, $p = 0,569$), evidenciando uma possível complementariedade entre esses dois efeitos sobre as ocorrências per capita de intoxicação.

A variável proxy para renda dos indivíduos apresentou os resultados mais sensíveis entre as estimativas pontuais por System GMM, embora não se rejeite a hipótese de elasticidade unitária do PIB per capita nas especificações FOD do System GMM. Entende-se que um incremento do PIB per capita nas regiões pode gerar um aumento na demanda por alimentos e/ou produtos agrícolas com alto nível de agrotóxicos. Nesse sentido, o PIB per capita pode capturar o aumento do consumo de agrotóxicos via aumento da demanda, controlando-se pelos registros de vendas de agrotóxicos.

No que concerne à variável de educação, observa-se um efeito negativo (aproximadamente -0,09) e estatisticamente significativo. Logo, para cada aumento de um ponto percentual na quantidade de pessoas alfabetizadas com 15 anos ou mais, espera-se uma redução de 9% nas ocorrências per capita de intoxicações. Esse resultado está ancorado na literatura discutida. O acesso dos indivíduos à educação, principalmente os trabalhadores que têm contato direto com os agrotóxicos, e por tempo prolongado, reduz a chance de se intoxicarem.

Mota et al. (2020) buscam analisar o nível de escolaridade dos trabalhadores rurais no município de Nossa Senhora Glória, Sergipe, a fim de compreender a percepção sobre o uso dos agrotóxicos. Dentre os 40 trabalhadores da amostra, com idade entre 46 e 65 anos, 72,5% têm o ensino médio incompleto, 95% não utilizavam EPIs e 70% não fazem associação de alguns sintomas de contaminação com os agentes químicos.

Para Veiga (2007), os casos de intoxicações podem se tornar ainda mais graves em pequenas comunidades rurais, dado que nesses locais os trabalhadores do campo possuem baixo nível educacional e, conseqüentemente, nível de instrução inadequados para exercer a função laboral com esses insumos. Isso ocorre devido à dificuldade de leitura e compreensão do rótulo desencadeando em procedimentos inadequados tanto na preparação quanto na aplicação dos agrotóxicos.

A estimativa da variável de crédito rural, embora não tenha exibido significância estatística usual, encontra-se próxima da região de rejeição da nula, com p-valor igual a 0,11. A estimativa pontual apresenta magnitude não desprezível, em torno de 0,1 nas estimativas System GMM com desvios ortogonais para frente. Isso implica um efeito de +1% no número esperado de ocorrências per capita de intoxicações dado um choque positivo de R\$ 0,10 no crédito de custeio por área plantada (conforme Tabela 2, a média em 2018 foi de R\$ 0,90 em crédito de custeio por área plantada).

O crédito de custeio é comumente utilizado para o consumo de agrotóxicos por meio da compra e uso desses insumos, bem como para a aquisição de insumos que interagem com o uso de agrotóxicos, tais como compra de sementes geneticamente modificadas, fertilizantes, máquinas, entre outros.

Por fim, a variável de emprego foi aquela cujas estimativas apresentaram maior incerteza. Devido à alta informalidade do campo, espera-se um erro de medida potencialmente elevado para captar efetivamente a exposição dos trabalhadores rurais, o que contribui para alta volatilidade estimada. Em todo caso, investigar a exposição da população, e particularmente dos trabalhadores, é essencial para a melhor proposição de políticas.

Silva et al. (2019), por exemplo, buscava estimar a prevalência e os fatores associados às intoxicações agudas por agrotóxicos em 06 (seis) municípios do Mato Grosso, com uma amostra de 753 indivíduos no ano de 2013. A faixa etária com maior incidência de contaminações aguda foi entre 30 e 39 anos. Além disso, verificou-se uma prevalência de casos em residências próximas as plantações, com destaque às lavouras de milho e algodão.

Aggio et al. (2021) ao pesquisar sobre a caracterização das notificações por agrotóxicos na 5ª Regional de Saúde do Paraná, englobando 20 municípios entre 2011 e 2015, verificou que das 274 intoxicações registradas, em cinco municípios se concentram mais de 75% dos casos. A faixa etária de prevalência das vítimas ocorreu com os indivíduos entre 15 e 56 anos (86,1%) e entre os gêneros, o sexo masculino predominou em quase 74% dos casos. As contaminações por herbicidas e mortalidade masculina foram de (60%) e (61,5%), respectivamente.

Portanto, com base nos resultados apresentados, é possível inferir que no período analisado os casos de intoxicação humana decorrentes do consumo de agrotóxicos, sobretudo, os de uso na agricultura encontra correspondente no que versa a literatura apresentada, ou seja, o modelo agrícola baseado, fundamentalmente, no latifúndio e na produção de algumas *commodities* tem sido a pedra angular no concerne o número crescente de contaminações. Observou-se que o aumento das vendas dos agroquímicos e da produtividade como sendo as principais causadoras das externalidades negativas e, assim, representam um entrave ao desenvolvimento sustentável.

4 Considerações Finais

O presente trabalho investigou a influência do uso de agrotóxicos e da produção agrícola sobre os casos de intoxicação humana: uma análise para os estados brasileiros entre 2002 e 2018. Nesse sentido, verificou-se as externalidades negativas provenientes do consumo de agrotóxicos decorrentes, principalmente, do modelo agrícola hegemônico no Brasil.

Tendo como base as discussões abordadas na literatura, esperava-se que as externalidades contribuíssem de maneira negativa para o desenvolvimento rural sustentável, ou seja, funcionando como um entrave. Admitiu-se como pressuposto que a modernização conservadora na agricultura, em especial, brasileira com a gênese da Revolução Verde tornou-se os sistemas agrícolas cada vez mais dependes de insumos externos aos cultivares à base da química industrial.

Evidenciou-se que a estrutura fundiária brasileira é calcada na apropriação privada da terra ao longo de mais de 500 anos instaurada a partir da colonização, negando o acesso ao interesse público como bem maior. Tornando a maior parcela que habita no campo, mas que está alheia à terra, o que se configura em uma contradição.

Observou-se que a inserção do capitalismo no campo, do qual resulta e necessita para a sua existência da concentração fundiária, propicia ao empreendedor mercantil o alicerce fundamental à produção de monocultura extensiva e força de trabalho de baixo custo. Além disso, o acentuado grau de concentração da terra é uma marca da generalidade da estrutura fundiária brasileira, sendo resultado da natureza econômica em que está assentada, fato esse ocorrido desde a colonização e que perdura até os dias atuais, caracterizando as atividades agrícolas, sobretudo como bens destinados ao intercâmbio mercantil.

Verificou-se a partir da análise bibliográfica que o aparato estatal é um forte indutor desse modelo agrícola, representado pelo agronegócio, sendo este responsável pelo uso massivo dos mais variados pesticidas. Durante o período de 1978 a 1998, o consumo de herbicidas cresceu cerca de 540%. Atualmente, os gastos com esse tipo de veneno superam os US\$ 2,7 bilhões anualmente. De acordo com a Embrapa, cerca de 20% dos gastos em cada hectare de soja são na aquisição de agrotóxicos, equivalente a mil reais. O glifosato, sozinho, representa 40% do consumo total desse tipo de insumo no Brasil.

Nesse sentido, os resultados obtidos por meio do painel dinâmico de dados evidenciam os efeitos parciais para o aumento das intoxicações, sobretudo, humana pela utilização dos agrotóxicos principalmente na agricultura. Algumas variáveis foram importantes para mensurar esses efeitos, saber: além da demanda por agrotóxicos e da produtividade agrícola como covariáveis de interesse na explicação dos casos de intoxicação, controlou-se também o PIB per capita, crédito de custeio, educação e emprego. Os resultados apontaram que o aumento nas vendas de agrotóxicos, na produtividade agrícola e o baixo nível educacional geram influência significativa sobre os casos de contaminações humana por agrotóxicos no país.

Em termos de contribuições deste trabalho é chamar a atenção para a necessidade de repensar a forma de uso desses produtos, pois tem acarretado diversos problemas socioeconômicos e ambientais ao país.

Referências

AGGIO, C. M.; LEITE, A.; MALAQUIAS, T. S. M.; HADDAD, M. C. F. L. Caracterização das notificações de intoxicações por agrotóxicos na 5ª Regional de Saúde do Paraná (PR). **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 2, e. 5816, p. 1-8, 2021.

ARELANO, M., BOND, S. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. **Review of Economic Studies**, Vº 58, Nº 2, p. 97-277, 1991.

ASSIS, R. L. **Agroecologia**: visão histórica e perspectivas no Brasil. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Ed.). *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p. 173-184, 2005.

BALTAGI, H. **Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels**. In: *Advances in Econometrics*, Volume 15. Elsevier: 2000.

Bianchini, V., & Medaets, J. P. P. (2013). **Da revolução verde à agroecologia: plano Brasil agroecológico**. Recuperado de http://www.mda.gov.br/portalmda/sites/default/files/user_arquivos_195/Brasil%20Agroecol%C3%B3gico%2027-11-13%20Artigo%20Bianchini%20e%20Jean%20Pierre.pdf.

BOMBARDI, L. M. **Intoxicação e morte por agrotóxicos no Brasil**: a nova versão do capitalismo oligopolizado. Boletim DATALUTA – Artigo do mês: set. de 2011. Departamento de Geografia – USP

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Agrotóxicos na Ótica do Sistema Único de Saúde: relatório nacional de vigilância em saúde de populações expostas a agrotóxicos*. Brasília: MS, 2016.

BLUDELL, R., BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, Vº 87, Nº 1, p. 115-143, 1998.

CARVALHO, L. H. A concentração fundiária e as políticas agrárias governamentais recentes. **Revista IDEAS – Interfaces em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade**, Rio de Janeiro – RJ, v. 4, n. 2, p. 395-428, 2010.

GARCIA, J. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Reflexões sobre o papel da política agrícola brasileira para o desenvolvimento sustentável**. Texto para discussão 1936. Brasília: IPEA, 2014.

INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Brasil lidera o ranking de consumo de agrotóxicos**. 2015. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/comunicacaoinformacao/site/home/namidia/brasil_lidera_ranking_consumo_agrotoxicos>. Acesso em: 30 mai. 2020.

LIMA, R. O. Caio Prado Júnior e a questão agrária no Brasil. **Revista do Departamento de Geociências** – Universidade Estadual de Londrina, Londrina – PR, v. 8, n. 2, p. 123-134, jul./dez. 1999.

MOTA, J. L. A.; DE JESUS, E. O.; LEMOS, N. L. S.; PEREIRA, P. L. D. Diagnóstico do uso de agrotóxicos no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe. **Revista Saúde** (Sta. Maria), v. 46, n. 1, 2020.

OLIVEIRA, A. U. **Modo de produção capitalista, agricultura e reforma agrária**. São Paulo: FFLCH, 2007.

OLIVEIRA, U. A. A mundialização da agricultura brasileira. *In: XII Coloquio Internacional de Geocrítica*, 2012. **Anais**. Congreso Iberoamericano de Estudios Territoriales y Ambientales. São Paulo: FFLCH/USP, 2012.

OLIVEIRA, L. K.; PIGNATI, W.; PIGNATTI, M. G.; BESERRA, L.; LEÃO, L. H. C. Processo sócio-sanitário-ambiental da poluição por agrotóxicos na bacia dos rios Jurema, Tapajós e Amazonas em Mato Grosso, Brasil. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 573-587, abr./jun. 2018.

OKUYAMA, J. H. H.; GALVÃO, T. F.; SILVA, M. T. Intoxicações e fatores associados ao óbito por agrotóxicos: estudo caso controle, Brasil, 2017. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, Rio de Janeiro, v. 23, ed. esp. 200024, 2020.

PELAEZ, V. M.; SILVA, L. R.; GUIMARÃES, T. A.; DAL-RI, F.; TEODOROVICZ, T. A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas – SP, v. 14 n. esp., p. 153-178, jul. 2015.

PRADO JÚNIOR, C. **A questão agrária no Brasil**. 2 ed. – São Paulo: Brasiliense, 1979.

RIGOTTO, M. R. **Agrotóxicos**. Abril de 2014. Disponível em <http://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/wp-content/uploads/2014/04/TAMC-RIGOTTO_Raquel_-_Agrotoxicos.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.

SANTANA-MAYOR, Á.; RODRÍGUEZ-RAMOS, R.; SOCAS-RODRÍGUEZ, B.; DÍAZ-ROMERO, C.; RODRÍGUEZ-DELGADO, M. Á. Comparison of Pesticide Residue Levels in Red Wines from Canary Islands, Iberian Peninsula, and Cape Verde. **Foods**, v. 9, n. 11, p. 1-14, nov. 2020.

SILVA, D. O.; FERREIRA, M. J. M.; SILVA, S. A.; SANTOS, M. A.; SANTOS, H. D. H.; SILVA, A. M. C. Exposição aos agrotóxicos e intoxicações agudas em região de intensa produção agrícola em mato Grosso, 2013. **Revista Epidemiologia e Serviços de saúde**, Brasília – DF, v. 28, n. 03, 2019, p. 1-12.

SOUZA, M. C. S. A.; MACHADO, M. F.; LORENZ, N. A. **O tratamento das águas catarinenses frente aos agrotóxicos e a sustentabilidade**: análise da configuração de um (possível) ecocício hídrico. *In: HUPFFER, H. M.; ENGELMANN, W.; WEYERMÜLLER, A. R. (org.). Futuro com ou sem agrotóxicos: impactos socioeconômicos globais e as novas tecnologias*. São Leopoldo: Casa Leiria, 2021.

VALADARES, A.; ALVES, F.; GALIZA, M. **O crescimento do uso de agrotóxicos**: uma análise descritiva dos resultados do Censo Agropecuário 2017. Nota Técnica n. 65, Brasília: IPEA, abr., 2020.

VEIGA, M. M. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 145-152, 2007.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data.** Cambridge, Mass: MIT Press, 2002.