Impactos da deriva de herbicidas hormonais na fruticultura do RS: um diagnóstico da percepção dos produtores

Impacts of Hormonal Herbicide Drift on Fruit Farming in RS: A Diagnosis of Producers' Perception

Gabrieli Rieth Marasca
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.
Roberson Macedo de Oliveira
Colégio Politécnico, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.
Vanderlei Franck Thies
Programa de Pós Graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil.

GT 04 - Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas.

Resumo: Este estudo diagnostica a extensão e a natureza desses impactos a partir da percepção de 395 fruticultores distribuídos em 141 municípios gaúchos. Foi construído o Índice de Severidade da Deriva (ISDERIVA), obtido pela média de sete indicadores em escala Likert (α=0,926). O ISDERIVA médio foi de 3,51 (DP=1,77), com 44,3% dos produtores nas classes moderado-alto e alto. A maioria dos estabelecimentos opera em monocultura ou baixa diversidade produtiva, sendo a videira a principal cultura afetada. Os resultados evidenciam que a deriva é percebida como fenômeno crônico e recorrente, distribuindo-se de forma transversal nos sistemas produtivos, independentemente da diversidade de espécies cultivadas.
Palavras-chave: deriva de herbicidas, fruticultura, percepção de risco, políticas públicas, agricultura familiar.

Abstract: This study diagnoses the extent and nature of these impacts based on the perception of 395 fruit farmers across 141 municipalities. A Drift Severity Index (ISDERIVA) was constructed from the mean of seven Likert-scale indicators (α=0.926). The mean ISDERIVA was 3.51 (SD=1.77), with 44.3% of respondents classified in the moderate-high and high severity classes. Most farms operate under monoculture or low productive diversity, with grapevine as the primary affected crop. Results indicate that drift is perceived as a chronic and recurrent phenomenon, affecting different productive systems regardless of species diversity.
Keywords: herbicide drift, fruit farming, risk perception, public policies, family farming.

1. Introdução

O Rio Grande do Sul é um estado com uma ampla diversidade de culturas e possibilidade de cultivos, variando desde culturas comerciais como milho e soja até fruticultura, com a possibilidade de ampliar a diversidade e o desenvolvimento em todas as regiões. De acordo com a EMATER/ASCAR em 2025, o Rio Grande do Sul (RS) produziu 2,88 milhões de toneladas de frutícolas e 1,69 milhão de toneladas de olerícolas, gerando cerca de R$ 13,4 bilhões e R$ 6,65 bilhões comercializados de frutícolas e olerícolas, respectivamente. Isso evidencia a importância da hortifruticultura para a economia estadual (SCHNEIDER, 2025).

Apesar desse destaque, a coexistência de cultivo como soja e milho tem entrado em conflito com o desenvolvimento da fruticultura, uma vez que o controle químico de plantas invasoras em culturas de *commodities* prejudica o desenvolvimento dessas atividades (PROCÓPIO, 2024). Com isso, alguns cultivos são frequentemente influenciados pela deriva

de herbicidas, causando danos às culturas sensíveis, o que pode levar à inviabilização da área, em função de efeitos como a clorose do tecido foliar, murcha e, por fim, necrose. Em plantas jovens, pode-se observar deformação nas folhas como um dos efeitos (GROSSMANN, 2010). Esses impactos têm afetado diretamente a motivação dos agricultores com a fruticultura, mas também comprometendo a diversidade produtiva, a geração de renda e a sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, em que medida a percepção dos fruticultores pode ser utilizada para mensurar e compreender a severidade dos impactos da deriva de herbicidas hormonais no Rio Grande do Sul, e quais evidências essa abordagem oferece sobre a magnitude e a distribuição desse fenômeno?

O objetivo da pesquisa é diagnosticar a extensão e a natureza dos impactos da deriva de herbicidas hormonais sobre a fruticultura do Rio Grande do Sul, a partir da percepção dos fruticultores, analisando a severidade dos danos e o perfil de diversidade produtiva dos fruticultores afetados. A partir dessa abordagem, o estudo avança na construção de evidências empíricas sobre a severidade da deriva de herbicidas hormonais, contribuindo para o entendimento de sua ocorrência no contexto da fruticultura gaúcha. Trata-se de um estudo exploratório-descritivo, baseado em survey com 395 produtores, no qual foi construído um índice de severidade da deriva (ISDERIVA) a partir de escalas Likert e analisado por meio de estatística descritiva e análise fatorial exploratória.

O artigo está organizado em cinco seções: além desta introdução, a seção 2 apresenta a revisão de literatura, a seção 3 descreve os procedimentos metodológicos, a seção 4 discute os resultados e, por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais.

2. Revisão da Literatura

A deriva de herbicidas caracteriza-se pelo deslocamento das gotículas da calda, em função de fatores como velocidade do vento e temperatura, para áreas não-alvo, podendo colocar em risco culturas sensíveis, assim como a própria saúde humana. A utilização de princípios ativos mais voláteis às condições climáticas do local facilita a ocorrência dessas derivas, a exemplo do que ocorre com os herbicidas à base de auxinas sintéticas (hormonais), os quais são empregados para o controle de plantas invasoras dicotiledôneas (GROSSMANN, 2010).

A deriva de herbicidas auxínicos tem sido amplamente reconhecida como um dos principais desafios associados à intensificação dos sistemas agrícolas contemporâneos, especialmente em contextos de coexistência entre culturas extensivas e atividades sensíveis, como a fruticultura. Herbicidas como 2,4-D e dicamba, amplamente utilizados no controle de

plantas daninhas em sistemas de *commodities*, apresentam elevada mobilidade e potencial de deslocamento fora do alvo, influenciado por fatores ambientais, operacionais e tecnológicos (INCI et al., 2024; TRAVLOU et al., 2024). Esse fenômeno tem sido documentado em diversas regiões do mundo, com impactos negativos sobre culturas não-alvo, ecossistemas e sistemas produtivos locais.

Com base nisso, algumas culturas sensíveis, a exemplo das frutícolas, encontram-se em uma condição de risco. Conforme Gomes et. al. (2025) regiões que têm alto uso de herbicidas hormonais apresentam maior probabilidade de ocorrerem deriva em culturas não-alvo do produto, como é o caso da Campanha Gaúcha. Do ponto de vista agronômico, a literatura evidencia que a deriva pode provocar uma ampla gama de efeitos fisiológicos nas frutíferas, incluindo clorose, necrose, deformações foliares, redução da fotossíntese e anomalias reprodutivas (BONDATA, 2011; ROSSOUW et al., 2019). Esses impactos variam conforme a espécie, o estádio fenológico e a dose de exposição, podendo resultar em perdas significativas de produtividade e qualidade dos frutos (MEDEIROS et al., 2023; MORETTI; SOUZA, 2023). Além disso, estudos indicam que mesmo exposições subletais podem comprometer o desenvolvimento das plantas e afetar a produção comercial, o que amplia a complexidade da avaliação dos danos, uma vez que nem sempre há correspondência direta entre sintomas visuais e perdas econômicas.

Essa dissociação entre sintomatologia e impacto produtivo constitui um dos principais desafios para a compreensão da magnitude do problema. A literatura aponta que os sintomas visuais precoces, frequentemente utilizados pelos produtores como indicadores de ocorrência de deriva, apresentam baixa confiabilidade na predição de perdas de rendimento, o que limita sua utilização como ferramenta de avaliação objetiva do risco (HARING et al., 2022; AMARO et al., 2021). Nesse sentido, a identificação e sistematização dos danos dependem de abordagens que articulem conhecimento técnico e percepção empírica, evidenciando a necessidade de instrumentos que permitam mensurar de forma integrada os impactos observados.

A percepção dos produtores emerge, portanto, como uma dimensão central na análise da deriva de herbicidas. Estudos indicam que os fruticultores apresentam níveis moderados de consciência sobre os riscos associados à deriva, reconhecendo sintomas e impactos, mas frequentemente subestimando sua magnitude ou não adotando medidas adequadas de mitigação (CELINA; RECENA, 2007; SOUSA et al., 2016). Essa limitação decorre, em grande medida, de barreiras informacionais, econômicas e institucionais, bem como da complexidade do fenômeno, que envolve múltiplas variáveis ambientais e operacionais.

Além disso, a literatura evidencia uma heterogeneidade significativa na percepção dos produtores, influenciada por fatores como experiência, tipo de cultura, intensidade de exposição e acesso à informação (RICHARTZ et al., 2021; JOLLY et al., 2023). Essa variabilidade sugere que a percepção não deve ser tratada como um dado homogêneo, mas como um fenômeno socialmente construído, que reflete tanto experiências individuais quanto condições estruturais dos sistemas produtivos. Nesse contexto, a análise da percepção permite não apenas compreender os impactos da deriva, mas também identificar padrões de vulnerabilidade e adaptação nos territórios agrícolas.

Outro aspecto relevante refere-se à natureza frequentemente episódica e difusa da deriva. Estudos apontam que eventos de deriva ocorrem, muitas vezes, como episódios isolados, mas com efeitos sistêmicos e duradouros sobre as culturas e os ecossistemas (GARCIA et al., 2025; HAMMER et al., 2024). Essa característica dificulta o monitoramento e a regulação do fenômeno, uma vez que os danos nem sempre são imediatamente atribuídos a uma fonte específica, gerando conflitos entre produtores e desafios para a comprovação técnica dos impactos.

Do ponto de vista institucional, a literatura destaca a existência de avanços regulatórios voltados à mitigação da deriva, incluindo a definição de zonas de amortecimento, treinamento de aplicadores e adoção de tecnologias de redução de deriva (FELSOT et al., 2010; GRELLA et al., 2020). No entanto, a eficácia dessas medidas é limitada por lacunas na fiscalização, variabilidade regional e dificuldades de implementação prática (HUPFFER et al., 2025; EKARDT et al., 2024). Estudos comparativos indicam que, embora tais instrumentos possam reduzir significativamente a ocorrência de deriva em condições controladas, sua aplicação no campo é heterogênea e frequentemente insuficiente para evitar danos às culturas sensíveis.

Essa limitação evidencia a dificuldade de traduzir o conhecimento técnico e regulatório em evidências empíricas sistematizadas sobre a magnitude e a distribuição da deriva. Embora existam estudos experimentais detalhados sobre os efeitos fisiológicos dos herbicidas e análises de políticas públicas, ainda são escassos os trabalhos que integram essas dimensões a partir da experiência dos produtores, especialmente em escala regional.

A construção de indicadores sintéticos baseados na percepção dos agricultores representa uma abordagem promissora para avançar na compreensão do fenômeno. Ao transformar a percepção em variável mensurável, é possível captar não apenas a ocorrência da deriva, mas também sua intensidade, frequência e distribuição espacial, contribuindo para a construção de diagnósticos mais abrangentes e alinhados à realidade dos sistemas produtivos.

A deriva de herbicidas tem sido compreendida como uma externalidade negativa associada à intensificação agrícola, cujos efeitos ultrapassam a dimensão produtiva, afetando a sustentabilidade ambiental, a diversidade produtiva e as relações sociais no meio rural (TRAVLOU et al., 2024). Nesse contexto, a análise da deriva permite evidenciar tensões entre diferentes modelos de agricultura, especialmente entre sistemas baseados em *commodities* e atividades mais diversificadas, como a fruticultura. Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de abordagens que integrem diferentes níveis de análise, articulando aspectos agronômicos, perceptivos e institucionais. A percepção dos produtores, ao refletir a experiência concreta dos impactos, pode ser compreendida como um instrumento analítico relevante para a identificação de padrões e a construção de evidências sobre o fenômeno.

Assim, a presente pesquisa se insere nessa lacuna ao propor a operacionalização da percepção dos fruticultores por meio de um índice sintético de severidade da deriva. Ela busca contribuir para a mensuração da magnitude do problema e para a compreensão de sua heterogeneidade no contexto da fruticultura do Rio Grande do Sul.

3. Metodologia

Dado o caráter pioneiro do estudo e a ausência de instrumentos validados previamente para este fenômeno específico, optou-se por uma abordagem exploratório-descritiva, priorizando o diagnóstico situacional e a geração de hipóteses para pesquisas futuras. O instrumento de coleta de dados foi desenvolvido na forma de questionário estruturado, autoaplicável, hospedado na plataforma Google Forms. Este foi dividido em três bases: a primeira foi a experiência dos produtores na fruticultura, em anos; a segunda foi relativa aos sintomas e impactos observáveis nas culturas; e, por fim, a terceira retrata a percepção de risco e comportamento em contextos agrícolas.

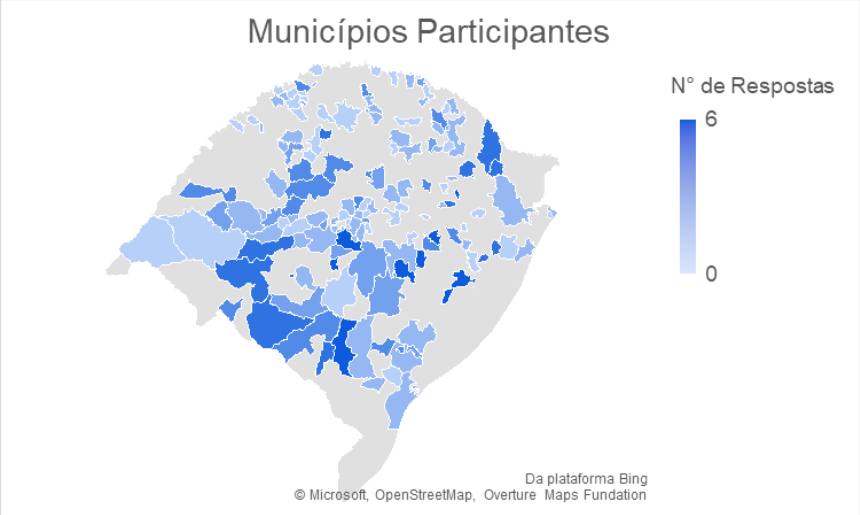
O instrumento de pesquisa foi composto por questões fechadas e escalas do tipo Likert de sete pontos, para mensurar a percepção dos produtores quanto aos impactos da deriva, contemplando 7 itens relacionados a sintomas, observáveis em partes vegetativas das plantas.. Com base nesses itens, construiu-se um índice composto de severidade, obtido pela média das respostas, sintetizando a intensidade dos efeitos. O bloco central de sete itens Likert (1–7) sobre impactos foi sintetizado no Índice de Severidade da Deriva (ISDERIVA), com alfa de Cronbach de 0,926, excelente consistência interna (HAIR et al., 2009). As análises foram realizadas no software Jamovi e também incluíram estatísticas descritivas e Análise Fatorial Exploratória (AFE).

4. Discussão dos Resultados

4.1 Caracterização dos atingidos por deriva de herbicidas hormonais

A amostra (n=395) abrange produtores de mais de 141 municípios, que representam quase 30% dos municípios do Rio Grande do Sul, evidenciados na figura 1. A análise espacial revela uma distribuição não homogênea do fenômeno no território gaúcho, com concentração em regiões como a Depressão Central e a Campanha Gaúcha, onde se destacam municípios como Jaguari, São Sepé, Santa Maria, Sant'Ana do Livramento e Encruzilhada do Sul. Esse padrão sugere que a ocorrência da deriva não é aleatória, mas está associada a contextos produtivos específicos, caracterizados pela coexistência entre a fruticultura e sistemas agrícolas intensivos no uso de herbicidas hormonais, como a soja. O mapa evidencia uma territorialização do risco, na qual áreas com maior pressão de uso de insumos químicos no entorno tendem a concentrar maior número de relatos de impacto.

Figura 1- Distribuição dos municípios que participaram da pesquisa no Rio Grande do Sul.



A figura acima complementa a Tabela 1, evidenciando que a fruticultura analisada é predominantemente caracterizada por unidades produtivas de reduzida escala, com 66,1% dos produtores cultivando até 3 hectares. Essa configuração reforça a relevância econômica e social da atividade em sistemas produtivos familiares, nos quais a produção de frutas desempenha papel central na geração de renda. Adicionalmente, observa-se que a maioria dos produtores possui ampla experiência na atividade, com 59,7% atuando há mais de 10 anos e 36,7% com mais de duas décadas de atuação.

Tabela 1: Caracterização dos fruticultores quanto à área cultivada e tempo de atuação.

Variável	Categoria	n	%
Área com cultivo de frutas	< 1 ha	114	28,9%
	1 a 3 ha	147	37,2%
	3 a 5 ha	40	10,1%
	5 a 10 ha	55	13,9%
	10 a 25 ha	20	5,1%
	> 25 ha	19	4,8%
Tempo na fruticultura	< 5 anos	66	16,7%
	5 a 10 anos	93	23,5%
	10 a 20 anos	91	23,0%
	> 20 anos	145	36,7%

Fonte: dados de pesquisa.

A videira se destaca como principal cultura, representando 41,5% dos casos, seguida por citros e nogueira-pecã, indicando a concentração da produção em cadeias específicas da fruticultura (tabela 2). Em relação à diversidade produtiva, observa-se que 66,3% dos estabelecimentos operam em sistemas de monocultura ou baixa diversificação (até três espécies), enquanto apenas 11,4% apresentam alta diversidade. Esse padrão sugere uma limitada capacidade de diluição de riscos produtivos, tornando os sistemas mais suscetíveis a impactos externos, como a deriva de herbicidas. A predominância de sistemas pouco diversificados, associada à especialização em culturas sensíveis, reforça a vulnerabilidade estrutural da fruticultura frente a eventos de deriva, além de evidenciar que os impactos observados tendem a assumir caráter sistêmico, independentemente da cultura principal adotada.

Tabela 2 - Distribuição dos fruticultores atingidos por deriva de herbicidas, segundo cultura principal e diversidade de espécies cultivadas.

Variável	Categoria	n	%
Cultura principal	Videira (Uva)	164	41,5%
	Citros	63	15,9%
	Nogueira-Pecã	46	11,6%
	Pêssego/Nectarina	31	7,8%
	Morango	17	4,3%
	Oliveira (Azeitona)	15	3,8%
	Maçã	8	2,0%
	Outras	51	12,9%
Diversidade (nº de espécies frutícolas cultivadas)	Monocultura (1 espécie)	122	30,9%
	Baixa (2–3 espécies)	140	35,4%
	Moderada (4–5 espécies)	88	22,3%
	Alta (6+ espécies)	45	11,4%

Fonte: dados de pesquisa.

A análise conjunta entre as tabelas 1 e 2 revela que a combinação entre escala produtiva pequena, elevada experiência dos produtores e baixa diversidade de espécies demonstra sistemas produtivos consolidados, porém altamente vulneráveis a choques externos, a exemplo das derivas de herbicidas.

A percepção de ocorrência da deriva entre os produtores é elevada, consistente e sustentada ao longo do tempo. A maioria dos respondentes (60,8%) atribuíram certeza absoluta (nota 7) aos sintomas observados, enquanto apenas 9,4% indicaram baixa certeza (tabela 3). Esse padrão sugere que os produtores não apenas identificam a ocorrência da deriva, mas o fazem com alto grau de convicção, o que reforça a validade da percepção como fonte empírica de informação, especialmente em contextos onde o monitoramento técnico é limitado.

Tabela 3: Indicadores de percepção da deriva: certeza, frequência e ano de ocorrência dos sintomas.

Variável	Categoria / Estatística	n / Valor	%
Certeza de que é deriva (Likert 1–7)	Média ± DP	5,78 ± 1,79	—
	Certeza absoluta (7)	240	60,8%
	Certeza alta (6)	20	5,1%
	Certeza moderada (4–5)	98	24,8%
	Baixa certeza (1–3)	37	9,4%
Ano do 1º sintoma	Média	2018,9	—
	Até 2014	50	12,7%
	2015–2018	112	28,4%
	2019–2021	113	28,7%
	2022–2024	98	24,9%
	2025–2026	21	5,3%
Frequência de sintomas nos últimos 5 anos (Likert 1–7)	Média ± DP	5,23 ± 2,01	—
	Sempre/quase sempre (6–7)	215	54,4%
	Às vezes (4–5)	110	27,8%
	Raramente/nunca (1–3)	70	17,7%

Fonte: dados de pesquisa.

A frequência dos sintomas observados nos últimos cinco anos também é expressiva, com 54,4% dos produtores relatando ocorrência “sempre” ou “quase sempre”, e apenas 17,7% indicando baixa frequência. Esse resultado indica que a deriva não é percebida como um evento esporádico, mas sim como um fenômeno recorrente, que se manifesta de forma contínua ou repetitiva no tempo. Tal padrão dialoga com a literatura que descreve a deriva como um fenômeno episódico, porém com ocorrência frequente em determinados contextos produtivos, especialmente em regiões de intensa utilização de herbicidas hormonais, como o caso do Rio Grande do Sul.

A análise temporal reforça essa interpretação. A concentração dos primeiros relatos de sintomas a partir de 2015 (87,3% dos casos), com intensificação no período entre 2019 e 2021, sugere uma mudança recente na dinâmica de ocorrência da deriva. Esse comportamento pode estar associado à expansão de sistemas produtivos intensivos em herbicidas, como a soja, cuja

área cultivada apresentou crescimento significativo no período, conforme dados do MapBiomas (inserir referência). Ainda que essa relação não possa ser estabelecida de forma causal neste estudo, a coincidência temporal indica a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre a relação entre mudanças no uso do solo e a intensificação da deriva.

Em conjunto, esses resultados evidenciam que a deriva de herbicidas hormonais é percebida pelos produtores como um problema crônico, recorrente e de alta confiabilidade diagnóstica. Diferentemente de eventos isolados ou de difícil identificação, a deriva assume, na percepção dos agricultores, um caráter sistemático, o que reforça sua relevância como objeto de análise e a necessidade de instrumentos que permitam mensurar sua magnitude e distribuição nos sistemas produtivos.

4.2 O Índice de Severidade de Deriva (ISDERIVA)

Os resultados do ISDERIVA constantes na tabela 4 evidenciam que a deriva de herbicidas hormonais constitui um fenômeno relevante e de intensidade variável na fruticultura analisada, com média de 3,51 (DP=1,77) em escala de 1 a 7 e 44,3% dos respondentes classificados em níveis moderado-alto ou alto. Esses achados indicam que a deriva não se configura como um evento marginal, mas como um problema significativo no contexto produtivo, corroborando estudos que apontam impactos recorrentes em culturas sensíveis (INCI et al., 2024; HAMMER et al., 2024).

A estrutura unidimensional do índice, com elevado poder explicativo (69,4% da variância) e alta consistência interna ($\alpha = 0{,}926$), reforça a validade da percepção dos produtores como base para a mensuração integrada dos impactos da deriva. Esse resultado contribui para superar limitações apontadas na literatura quanto ao uso isolado de sintomas visuais como indicadores de dano, uma vez que a agregação de múltiplos sinais permite captar diferentes níveis de severidade (AMARO et al., 2021; HARING et al., 2022).

Os sintomas mais intensamente percebidos, como folhas em formato de “copo” e queda de flores e frutos, estão em consonância com os efeitos fisiológicos descritos para herbicidas auxínicos, que atuam como desreguladores hormonais e provocam alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas (BONDATA, 2011; ROSSOUW et al., 2019). No entanto, a presença de indicadores mais severos, como a morte de plantas e o abandono de áreas produtivas, evidencia que os impactos da deriva podem extrapolar os danos visuais iniciais, atingindo níveis críticos de comprometimento da atividade produtiva.

Tabela 4: Estatísticas descritivas do ISDERIVA e itens componentes.

Variável / Item	Média	DP	Mín.	Mdn.	Máx.
Folhas em copo (Q13_1)	4,12	2,16	1	4	7
Queda de flores/frutos (Q13_2)	3,88	2,11	1	4	7
Morte de mudas (Q13_3)	3,35	2,17	1	3	7
Redução da qualidade (Q13_4)	3,74	2,11	1	3	7
Morte de plantas adultas (Q13_5)	3,60	2,16	1	3	7
Abandono de área produtiva (Q13_6)	2,53	2,02	1	2	7
Danos em plantas nativas (Q13_7)	3,34	2,21	1	3	7
ISDERIVA — Índice composto	**3,51**	**1,77**	**1**	**3,14**	**7**

Nota: Alfa de Cronbach (Q13_1 a Q13_7) = 0,926.
Fonte: dados da pesquisa.

A distribuição das classes do ISDERIVA revela um padrão assimétrico, caracterizado pela coexistência de impactos predominantemente baixos (39,2%) com uma proporção significativa de casos de alta severidade (25,8%). Esse comportamento sugere que a deriva se manifesta como um fenômeno não uniforme, com eventos episódicos de elevada intensidade, conforme descrito por GARCIA et al. (2025). Tal padrão reforça a ideia de que a média dos impactos pode ocultar a presença de eventos extremos e de maior amplitude, que são responsáveis por danos mais significativos.

Tabela 5: Classe do Índice de Severidade de Derivas.

Classe ISDERIVA	Intervalo	Respondentes
1 - Baixo	1 a 2,5	39,20 %
2 - Moderado	2,5 a 3,5	16,50 %
3 - Moderado Alto	3,5 a 5,0	18,50 %
4 - Alto	5,0 a 7,0	25,80 %

Fonte: dados da pesquisa.

A ausência de correlação entre a percepção da deriva e a diversidade de culturas indica que o fenômeno não está condicionado às características internas dos sistemas produtivos, mas sim a fatores externos relacionados ao uso de herbicidas no entorno. Esse resultado reforça a interpretação da deriva como uma externalidade negativa associada à intensificação agrícola,

cujos efeitos se distribuem de forma transversal sobre diferentes configurações produtivas (TRAVLOU et al., 2024).

Em conjunto, os resultados evidenciam que a deriva de herbicidas hormonais apresenta um comportamento complexo, caracterizado por variabilidade na intensidade, recorrência e distribuição dos impactos. A construção do ISDERIVA permite avançar na compreensão desse fenômeno, ao integrar múltiplas dimensões da percepção dos produtores em uma medida sintética, contribuindo para a qualificação do diagnóstico e para o avanço das discussões sobre seus efeitos nos sistemas produtivos.

5. Considerações finais

Os resultados deste estudo evidenciam que a deriva de herbicidas hormonais constitui um fenômeno relevante, recorrente e heterogêneo na fruticultura do Rio Grande do Sul. A elevada frequência de relatos, associada ao alto grau de certeza dos produtores quanto à ocorrência da deriva, indica que o fenômeno é amplamente reconhecido no cotidiano produtivo, deixando de se configurar como evento pontual para assumir caráter estruturante do ambiente agrícola.

A análise do Índice de Severidade da Deriva (ISDERIVA) permitiu avançar na mensuração integrada dos impactos, evidenciando que, embora a maior parte dos casos se concentre em níveis baixos de severidade, há uma proporção significativa de ocorrências classificadas como moderado-alto e alto impacto. Esse padrão revela a natureza assimétrica da deriva, caracterizada pela coexistência de eventos leves e episódios de elevada intensidade, cujos efeitos podem comprometer significativamente a fruticultura, incluindo situações extremas de abandono de áreas produtivas.

A consistência interna do índice e sua estrutura unidimensional reforçam a validade da percepção dos produtores como base para a construção de indicadores empíricos, contribuindo para superar limitações quanto à dificuldade de mensuração do fenômeno. Nesse sentido, o ISDERIVA se apresenta como uma ferramenta metodológica relevante para a análise da deriva em contextos em que o monitoramento técnico é limitado ou inexistente. A caracterização dos sistemas produtivos evidencia que a fruticultura analisada é composta majoritariamente por unidades de pequena escala, especializadas e com baixa diversidade de espécies, conduzidas por produtores experientes. Essa configuração reforça a vulnerabilidade estrutural desses sistemas frente a impactos externos, ao mesmo tempo em que confere robustez à percepção dos agricultores.

A ausência de relação entre diversidade produtiva e percepção da deriva indica que o fenômeno não está condicionado às características internas das propriedades, mas sim a fatores externos, associados à intensificação do uso de herbicidas no entorno. Assim, a deriva de herbicidas hormonais pode ser compreendida como uma externalidade negativa de outros sistemas agrícolas, cujos efeitos incidem de forma transversal sobre atividades mais sensíveis, como a fruticultura. Essa dinâmica evidencia tensões entre diferentes modelos produtivos, reforçando a necessidade de abordagens que integrem dimensões agronômicas, sociais e institucionais na análise do problema.

Do ponto de vista das implicações, os resultados indicam a necessidade de aprimoramento dos mecanismos de regulação, monitoramento e mitigação da deriva, bem como de políticas públicas voltadas à proteção de sistemas produtivos mais vulneráveis. A evidência empírica produzida pode subsidiar a formulação de estratégias mais eficazes de controle, além de contribuir para o debate sobre a sustentabilidade dos sistemas alimentares e a coexistência entre diferentes formas de produção agrícola. Por fim, recomenda-se que estudos futuros aprofundem a análise das relações entre deriva e uso do solo, especialmente considerando a expansão de culturas intensivas em herbicidas, bem como avancem na integração entre dados perceptivos, medições técnicas e análises espaciais. A incorporação dessas dimensões pode contribuir para uma compreensão mais abrangente do fenômeno e para o desenvolvimento de instrumentos mais robustos de diagnóstico e intervenção.

Referências

AMARO, A. C. E.; et al. Percepção de risco e uso de agrotóxicos por agricultores. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 55, p. 1–10, 2021.

BONDATA, B. R. Effects of auxin herbicides on grapevine physiology. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 62, n. 3, p. 289–297, 2011.

BROCHADO, J. M.; et al. Impactos ambientais de herbicidas auxínicos em sistemas agrícolas. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 41, n. 2, p. 345–356, 2022.

CELINA, S. S.; RECENA, M. C. P. Percepção de risco e práticas no uso de agrotóxicos por agricultores. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 904–914, 2007.

COUÉE, I.; et al. Xenobiotic effects on plant hormonal signaling. **Plant Physiology**, v. 163, p. 156–167, 2013.

EKARDT, F.; et al. Regulatory approaches to pesticide risk governance. **Sustainability**, v. 16, n. 2, p. 1–18, 2024.

FELSOT, A. S.; et al. Agrochemical spray drift; assessment and mitigation. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 29, n. 5, p. 1025–1035, 2010.

GARCIA, L. M.; et al. Herbicide drift impacts on agricultural systems: mechanisms and implications. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 350, p. 108–120, 2025.

GRELLA, M.; et al. Spray drift reduction technologies: a review. **Crop Protection**, v. 137, p. 105–120, 2020.

GROSSMANN, Klaus. Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 66, n. 2, p. 113-120, 2010.

HAMMER, C. L.; et al. Dicamba drift impacts across agricultural landscapes. **Weed Science**, v. 72, n. 1, p. 45–56, 2024.

HARING, S. C.; et al. Herbicide drift exposure and yield response in specialty crops. **HortScience**, v. 57, n. 3, p. 321–329, 2022.

HUPFFER, K.; et al. Regulatory responses to auxinic herbicide drift: global perspectives. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 27, n. 1, p. 1–15, 2025.

INCI, H.; et al. Effects of auxinic herbicide drift on fruit crops: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 330, p. 112–125, 2024.

JOLLY, C. M.; et al. Farmer perception and adoption of risk mitigation strategies. **Agricultural Systems**, v. 210, p. 103–115, 2023.

LIPP, P. *et al*. **Levantamento da fruticultura comercial do Rio Grande do Sul**. EMATER-RS, 2002. 80 p., 2002.

MEDEIROS, M. A.; et al. Herbicide drift effects on tomato crops: physiological and productive impacts. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 58, p. e01234, 2023.

MORETTI, M. L.; SOUZA, R. T. Herbicide drift effects on hazelnut production. **Crop Protection**, v. 167, p. 106–115, 2023.

OMES, Michelle Cristine Rodrigues et.al. Comercializações de herbicidas hormonais e proposta de uma análise de risco do uso em municípios da campanha do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 31, n. 1, p. 14–26, 2025. DOI: 10.36812/pag.202531114-26.

PRETTO, R. et al. **Aspectos toxicológicos e ambientais dos herbicidas hormonais: uma visão atualizada da literatura científica**. 2025.

PROCÓPIO, S. de O. et al. Impacts of weed resistance to glyphosate on herbicide commercialization in Brazil. **Agriculture**, v. 14, n. 12, p. 2315, 2024.

RICHARTZ, R.; et al. Risk perception and pesticide exposure in agriculture. **Journal of Rural Studies**, v. 85, p. 210–220, 2021.

ROSSOUW, N. L.; et al. Physiological responses of fruit crops to auxinic herbicides. **Plant Growth Regulation**, v. 87, n. 2, p. 145–156, 2019.

SCHNEIDER, Taline. **Rio Grande do Sul produz mais de 4,57 milhões de toneladas de frutícolas e olerícolas.** Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/rio-grande-do-sul-produz-mais-de-4-57-milhoes-de-toneladas-de-fruticolas-e-olericolas>. Acesso em: mar. 23DC.

SOUSA, J. P.; et al. Uso de agrotóxicos e percepção de risco em trabalhadores rurais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 41, p. 1–12, 2016.

TRAVLOU, V.; et al. Dicamba drift: impacts and regulatory challenges. **Science of the Total Environment**, v. 912, p. 168–180, 2024.

VICENTE, M. **Estudo revela que o uso de herbicidas no Brasil cresceu 128% entre 2010 e 2020.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/101797650/estudo-revela-que-o-uso-de-herbicidas-no-brasil-cresceu-128-entre-2010-e-2020>.