

## **Genotoxicidade do uso de agrotóxicos em horticultores da região metropolitana de Goiânia-GO, Brasil**

Com o aumento da produtividade e o modelo de política agrícola adotado, o uso de agrotóxicos no Brasil cresceu em larga escala nos últimos anos. Esse contexto gera uma preocupação quanto aos efeitos nocivos da exposição dos trabalhadores agrícolas a esses produtos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a frequência de dano genotóxico em horticultores expostos aos agrotóxicos na Região Metropolitana de Goiânia-GO. A investigação foi conduzida por meio do ensaio cometa, na tentativa de caracterizar os grupos de risco mais propensos aos efeitos nocivos dos pesticidas, visando gerar um alerta para os danos causados na saúde dos trabalhadores. O grupo foi constituído por 65 indivíduos com faixa etária de 22 a 72 anos, expostos no período de 1 a 16 anos. Foram feitas análises para variáveis como: hábito de consumo de bebida alcoólica, tabagismo, relação entre homens e mulheres, e uso de EPs. Tais variáveis foram associadas aos parâmetros do ensaio cometa, contudo, não foram observadas diferenças significativas para uma série de variáveis investigadas para o dano no DNA.

**Palavras-chave:** Ensaio cometa; Agrotóxico; Trabalhadores rurais.

## **Genotoxicity of pesticides use in horticulturists in the metropolitan region of Goiânia-GO, Brasil**


With the increase in productivity and the agricultural policy model adopted, the use of pesticides in Brazil has grown on a large scale in recent years. This context raises concerns about the harmful effects of the exposure of agricultural workers to these products. The objective of this work was to evaluate the frequency of genotoxic damage in horticulturists exposed to pesticides in the Metropolitan Region of Goiânia-GO. The investigation was conducted through the comet test, in an attempt to characterize the risk groups most prone to the harmful effects of pesticides, aiming to generate an alert for the damage caused to the workers' health. The group consisted of 65 individuals aged between 22 and 72 years old, exposed in the period from 1 to 16 years old. Analyzes were performed for variables such as: alcohol consumption, smoking, relationship between men and women, and use of PPE. Such variables were associated with the parameters of the comet assay, however, no significant differences were observed for a series of variables investigated for DNA damage.


**Keywords:** Comet assay; Pesticide; Rural workers.


Topic: **Epidemiologia e Saúde Ambiental**


Received: **10/09/2021**  
Approved: **09/05/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Regisnei Aparecido de Oliveira Silva**   
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4521487905381629>  
<http://orcid.org/0000-0002-1692-5994>  
[regisneioliveira@gmail.com](mailto:regisneioliveira@gmail.com)

**Ana Carolina Graça Carvalho Silva**   
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6636585565853311>  
<http://orcid.org/0000-0002-5415-0632>  
[carolinacarvalho@gmail.com](mailto:carolinacarvalho@gmail.com)

**Daniela de Melo Silva**   
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9895211901348365>  
<http://orcid.org/0000-0003-0362-0988>  
[silvadanielamelo@gmail.com](mailto:silvadanielamelo@gmail.com)

**Marcelino Benvindo de Souza**   
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4364084973977142>  
<http://orcid.org/0000-0001-9008-6087>  
[marcelinobenvindo@gmail.com](mailto:marcelinobenvindo@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0017

### **Referencing this:**

SILVA, R. A. O.; SILVA, A. C. G. C.; SILVA, D. M.; SOUZA, M. B..  
Genotoxicidade do uso de agrotóxicos em horticultores da região metropolitana de Goiânia-GO, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.5, p.188-198, 2021. DOI:  
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0017>

## **INTRODUÇÃO**

Os pesticidas usados na agricultura são amplamente considerados a maneira mais econômica de reduzir indesejáveis pragas das plantas e animais, a fim de aumentar o rendimento das culturas (ROSIC et al., 2020). No entanto, além de combater a praga alvo, os pesticidas sintéticos afetam diretos e indiretamente um amplo número de espécies não alvo, incluindo seres humanos, causando danos à saúde (MARCELINO et al., 2019). Entre os principais problemas causados pelo uso de pesticidas estão aqueles relacionados à genotoxicidade advinda da exposição crônica (MARCELINO et al., 2019). Entretanto, essa preocupação com o uso indiscriminado de agrotóxico, não é recente, se reporta desde as décadas de 1940 e 1950, com relatos de inúmeros casos de extermínios da biodiversidade ocorridos nos EUA (CARSON, 1964). Esses impactos ganharam atenção do mundo inteiro, e vêm sendo exaustivamente investigados visando estabelecer correlações entre as exposições e os agravos à saúde, de modo a alertar aqueles produtos perigosos ou amenizar os distúrbios provenientes da exposição (SILVA et al., 2005).

Os países em desenvolvimento são considerados os maiores consumidores de agrotóxicos devido à alta demanda de produção agrícola para suprir as necessidades populacionais (ARAÚJO et al., 2007). O Brasil por exemplo, aumentou drasticamente nos últimos anos o uso de agrotóxicos (COELHO et al., 2019), sendo considerado um dos maiores consumidores do mundo (ABRASCO, 2015). Dessa forma, surge uma preocupação para aquelas zonas quentes de produção agrícola no Brasil, como o estado de Goiás. Essa unidade federativa está entre os maiores produtores agrícolas do país em culturas como, sorgo, soja, milho, cana-de-açúcar, algodão, arroz, feijão, entre outros, sendo o 2º maior produtor de cana-de-açúcar, perdendo apenas de São Paulo, e o terceiro maior em produção de feijão e milho (ABRASCO, 2015). Relatórios também posicionam o estado em 1º lugar como produtor de grãos na região Centro-Oeste, e o 4º maior no ranking nacional de produção de grãos (IMB, 2018). Concomitante, já foi apontando como um dos estados que mais consomem agrotóxico do Brasil (PIGNATI et al., 2017).

Em relação à horticultura, os sistemas de produção de hortaliças envolvem, de modo geral, aplicação intensa de agrotóxicos. A produção de hortaliças absorveu o modelo agrícola adotado pelo Brasil, em que se tornou altamente dependente de adubos químicos e agrotóxicos (ALMEIDA et al., 2009). A falta de rigidez no controle da comercialização e do emprego desses produtos, e, também, do despreparo dos agricultores sobre sua utilização têm causado sérios danos ao meio ambiente e à saúde humana (SILVA et al., 2013).

No estado de Goiás, dados do CIT (Centro de informação tecnológica), mostram que de 2005 a 2015 registrou-se 2.987 intoxicações por agrotóxicos. A maior parte das intoxicações ocorre em cidades do interior com forte atuação agrícola. O município de Goiânia, embora não seja caracterizado como agrícola, aparece entre as 40 cidades com maior taxa de intoxicação. Essa colocação pode ser sustentada pelo número considerável de cultivo de hortaliças por pequenos produtores (NEVES et al., 2020).

O risco de intoxicação do trabalhador está correlacionado com as diversas formas de manuseio e contato com os agrotóxicos, podendo ser este contato direto quando há aplicação ou pulverização nas plantações, na carga e descarga do produto, transporte e descarte de embalagens, armazenamento e

indiretamente, atuando na limpeza, manutenção, lavagem de roupas e equipamentos de trabalho, acompanhando a aplicação e ainda residindo próximo aos locais de aplicação (MARONI et al., 2006). Evidências indicam que a exposição prolongada a pesticidas pode causar danos ao material genético de pessoas expostas, resultando em efeitos adversos como câncer, distúrbios neurológicos, reprodutivos e imunológicos (SILVA et al., 2005) comprometendo a saúde principalmente do trabalhador.

Nesse sentido, os equipamentos de proteção individuais (EPIs), muitas vezes negligenciados, são fortemente recomendados para prevenir o contato direto com os agrotóxicos. Contudo, não o isenta dos efeitos tóxicos do produto, uma vez que as substâncias quando aplicadas sobre as plantações podem levar a uma série de meios de contaminações, já que podem ser dispersos no ar e ser inalados, podem bioacumular nos vegetais, contaminar o solo e finalmente, atingir os cursos hídricos comprometendo os ecossistemas aquáticos e a saúde humana (SIQUEIRA et al., 2008; PIGNATI, et al., 2017; JACOBSON et al, 2019).

O amplo espectro de efeitos que os agrotóxicos causam a saúde envolve danos agudos e persistentes sobre o sistema nervoso, sistema respiratório, órgãos reprodutivos, bem como disfunções imunológicas e endócrinas (MARTÍNEZ-VALENZUELA et al., 2009). Além disso, há grandes preocupações pela capacidade desses compostos em atuar como agentes genotóxicos e mutagênicos.

Partindo da premissa de que o uso dos agrotóxicos é muito frequente no Brasil e danoso a saúde humana, especialmente a quem é exposto de forma ocupacional, realizar biomonitoramentos genéticos podem contribuir para atenuação de possíveis contaminações. Dessa forma, o ensaio cometa torna-se uma ferramenta adequada para identificar dano e reparo no DNA.

A genotoxicidade está entre os principais danos causados pelos agrotóxicos. Tais substâncias interagem quimicamente com o material genético, formando adutos, alterações oxidativas ou mesmo quebras da molécula do DNA. Há chances de o dano ser reparado pelo próprio organismo, como na maioria dos casos, ou então a célula é eliminada. Caso essa lesão seja fixada, provoca alterações hereditárias (mutações), que podem ser transmitidas para as células filhas durante o processo de replicação, gerando efeito mutagênico (OBE et al., 2004).

Estudos sobre a genotoxicidade dos agrotóxicos têm sido realizados com o ensaio cometa. O ensaio cometa é um procedimento destinado a avaliar lesões no DNA envolvendo aplicações de corrente elétrica nas células, sobre lâminas com gel de agarose, coradas com prata e visualizadas por microscopia óptica (DI PAOLO, 2006). Nesse ensaio, o conteúdo do núcleo celular lesionado, recebe uma corrente elétrica que provoca um transporte de fragmentos do DNA para fora dos núcleos (SANTOS et al., 2009). A migração desses fragmentos gera uma imagem similar a um cometa, com uma cabeça e uma cauda, dando origem ao nome do teste (SPEIT et al., 2007).

Os danos são qualificados em função do tipo de dano, que variam de 1 a 4, sendo do tipo 1 danos que possuem a cauda menor e núcleo facilmente visualizado, enquanto que danos do tipo 4 possuem cauda maior e núcleo pouco definido, devido à migração do DNA (DI PAOLO, 2006). O dano pode ser quantificado em células individuais, permitindo avaliar o potencial de componentes que modifiquem ou

danifiquem a estrutura genômica de amostras ou de condições ambientais alteradas (DI PAOLO, 2006).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto genotóxico da utilização de agrotóxicos na saúde de horticultores na Região Metropolitana de Goiânia pelo ensaio cometa, na tentativa de caracterizar os grupos de risco mais propensos aos efeitos nocivos dos pesticidas, visando gerar um alerta para os danos na saúde dessa atividade ocupacional.

## **METODOLOGIA**

### **Amostra e tipo de estudo**

A população de estudo foi composta por 65 horticultores (52 homens e 13 mulheres) expostos a agrotóxicos na Região Metropolitana de Goiânia, entre os meses outubro a dezembro de 2019. Após levantamento, identificação das hortas e visita no local foram escolhidos os participantes. A amostra se deu por conveniência a partir da disponibilidade das pessoas em participar da pesquisa. Foi entregue a esses voluntários (acima de 18 anos) um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), determinando ter ciência de que as amostras seriam utilizadas para estudo, e um questionário online, elaborado na plataforma *Google Forms*, para coleta de dados e informações pertinentes sobre o paciente, como idade, histórico clínico, tempo de trabalho, contato com agrotóxico e hábitos de vida (consumo de bebida alcoólica e cigarro). Esse estudo, portanto, foi conduzido segundo a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, tendo em vista o cumprimento dos aspectos éticos, normas e diretrizes que norteiam pesquisas envolvendo seres humanos, e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Goiás (UFG), através do sistema Plataforma Brasil com o número de referência 3.279.425 e protocolo CAAE: 04759518.9.0000.5078

### **Coleta e processamento das amostras biológicas**

As coletas foram feitas nas hortas dos municípios adjacentes de Goiânia. Para cada participante foi extraído cerca de 5 mililitros (ml) de sangue periférico por punção venosa a vácuo, distribuídos em tubos tipo vacutainer contendo anticoagulante heparina e previamente identificados com código do paciente. Em seguida, o material foi transferido para caixa de transporte contendo bolsas de gelo a fim de preservá-lo durante o transporte para Goiânia, onde as amostras seriam manipuladas. O ensaio cometa foi realizado no laboratório de mutagênese da Universidade Federal de Goiás.

### **Ensaio cometa**

O ensaio cometa foi realizado conforme metodologia descrita por Singh et al. (1988), com adaptações. Lâminas foram limpas e preparadas com uma pré-cobertura de agarose com ponto de fusão normal (Normal Melting) a 1,5%. Em seguida foram utilizados 15 µL de sangue homogeneizado em 120 µL de agarose com baixo ponto de fusão (Low Melting Point) a 0,5% e 40°C. Essa mistura foi colocada em lâmina de pré-cobertura e coberta com uma lamínula. As lâminas foram colocadas na geladeira a 4 °C durante quatro minutos, para que houvesse a solidificação do material. Após esse tempo as lamínulas

foram retiradas e as lâminas foram colocadas em cubas de vidro contendo solução tampão de lise gelada (2,5M NaCl, 10mM Tris, 100mM EDTA, 0,8% NaOH, 10% N-lauril-sarcocinato, 1% Triton X-100 e 10% DMSO, pH10,0) e protegidas da luz, onde permaneceram imersas por 24 horas. Após 24 horas as lâminas foram retiradas da lise e colocadas em uma cuba horizontal de eletroforese e incubadas em tampão alcalino (300mM NaOH, 200mM EDTA, pH > 13) a 4 °C, por 30 minutos e protegidas da luz. A corrida eletroforética foi realizada por 30 minutos, a 25 volts e 250 mA, com temperatura a 4 °C e ao abrigo de luz. A neutralização das lâminas foi realizada com uma solução de Tris a 0,4M (pH 7,5) por três vezes, no intervalo de 5 minutos. Após a neutralização, as lâminas foram lavadas com água destilada e em seguida foi feita a fixação por imersão em etanol absoluto por 10 minutos e então foram colocadas para secar em estufa com temperatura a 37 °C.

O DNA foi corado por 30 minutos com 100 µL de solução SYBR® Green I, a temperatura ambiente e no escuro. Após esse tempo as lâminas foram lavadas três vezes por imersão em água destilada durante dois intervalos de 5 minutos e posteriormente foram secas em estufa com temperatura a 37 °C. Passado esse tempo as lâminas foram analisadas em microscópio de fluorescência Axio Imager D2® (Carl Zeiss, Berlin, Alemanha). Foram analisadas duas lâminas para cada indivíduo, com contagem de 100 células no total. Os núcleos das células foram visualizados utilizando a objetiva de 20X e a imagem fluorescente foi captada com o programa OpenComet, no qual foram analisados três parâmetros relacionados a danos genômicos: 1) comprimento da cauda do cometa (CC) que estabelece o comprimento da migração de DNA da borda da cabeça até o menor fragmento detectável na cauda, 2) porcentagem de DNA na cauda (% DNA) na qual é calculado a quantidade de DNA presente na cauda do cometa e 3) Momento da cauda de Olive (MCO), que estabelece uma relação entre o comprimento da cauda e a quantidade (%) de DNA que migrou.

### **Análise estatística**

A distribuição da normalidade dos dados (teste de Shapiro-Wilks) e homogeneidade de variância (teste de Levene) foi avaliada. Corremos uma Análise de Variância (ANOVA), seguido pelo teste post-hoc de Tukey, para todos os parâmetros do ensaio cometa, considerando o consumo de bebidas alcoólicas, tabagismo. Além disso, um teste t de Student foi aplicado entre o sexo masculino e feminino dos agricultores, uso de EPIs versus parâmetros do cometa. Uma correlação foi conduzida entre faixa etária versus parâmetros do cometa. Para ambos os testes, um  $p < 0,05$  foi considerado significativo.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Uma população de 65 horticultores, expostos a pesticidas da região metropolitana de Goiânia foi avaliada para dano genotóxico. Variáveis como a faixa etária de idade (variando de 22 a 72 anos) não teve correlação com a frequência de dano no DNA dos participantes ( $r = 0,0696$ ;  $p = 0,581$ ). A análise entre o hábito de consumo de bebida alcoólicas dos participantes não demonstraram diferença entre os parâmetros do ensaio cometa (Tabela 1), como o índice na frequência de dano na %DNA ( $F_{(2,61)} = 1,1674$ ;  $p = 0,318$ ), Comprimento da Cauda ( $F_{(2,61)} = 0,9559$ ;  $p = 0,390$ ) e Momento de Olive ( $F_{(2,61)} = 0,9559$ ;  $p = 0,390$ ).

**Tabela 1:** Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) da frequência de dano genotóxico em participantes que consomem bebidas alcoólicas.

Hábito de vida (Consumo de álcool)	Média $\pm$ Desvio padrão		
	CC	MO	%DNA
Não (n = 14)	16,29 $\pm$ 8,33 a	2,84 $\pm$ 1,61 <sup>a</sup>	21,26 $\pm$ 7,39 <sup>a</sup>
Sim (n = 39)	15,77 $\pm$ 9,67 a	2,96 $\pm$ 1,65 <sup>a</sup>	21,15 $\pm$ 7,29 <sup>a</sup>
Ex-etilista (n = 12)	20,04 $\pm$ 10,87 <sup>a</sup>	3,67 $\pm$ 1,93 <sup>a</sup>	24,95 $\pm$ 9,29 <sup>a</sup>

CC) Comprimento da cauda, MO) Momento de Olive, %DNA) Porcentagem de DNA na cauda. Letras semelhantes não indicam diferença estatística (ANOVA, seguido pelo teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

Em relação ao tabagismo também não se verificou diferença para dano genotóxico (Tabela 2), isto é dano na % DNA ( $F_{(2,61)} = 1,490$ ;  $p = 0,861$ ), Comprimento da Cauda ( $F_{(2,61)} = 0,4354$ ;  $p = 0,648$ ) e Momento de Olive ( $F_{(2,61)} = 0,4112$ ;  $p = 0,665$ ).

**Tabela 2:** Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) da frequência de dano genotóxico em participantes que usam cigarro.

Hábito de vida (Tabagismo)	Média $\pm$ Desvio padrão		
	CC	MO	%DNA
Não (n = 39)	16,14 $\pm$ 8,34 <sup>a</sup>	2,92 $\pm$ 1,61 <sup>a</sup>	21,34 $\pm$ 8,20 <sup>a</sup>
Sim (n = 16)	16,77 $\pm$ 12,04 <sup>a</sup>	3,18 $\pm$ 1,89 <sup>a</sup>	22,54 $\pm$ 6,54 <sup>a</sup>
Ex-Fumante (n = 10)	19,37 $\pm$ 11,05 <sup>a</sup>	3,44 $\pm$ 1,85 <sup>a</sup>	22,23 $\pm$ 8,82 <sup>a</sup>

CC) Comprimento da cauda, MO) Momento de Olive, %DNA) Porcentagem de DNA na cauda. Letras semelhantes não indicam diferença estatística (ANOVA, seguido pelo teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

Também não houve diferença entre homens e mulheres (Tabela 3), quanto a %DNA ( $t = 0,8098$ ;  $p = 0,421$ ), Comprimento da Cauda ( $t = 1,1545$ ;  $p = 0,252$ ) e Momento de Olive ( $t = 1,2309$ ;  $p = 0,222$ ).

**Tabela 3:** Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) da frequência de dano genotóxico entre homens e mulheres.

Sexo	Média $\pm$ Desvio padrão		
	CC	MO	%DNA
Mulheres (n = 13)	13,77 $\pm$ 6,01	2,50 $\pm$ 1,20	19,30 $\pm$ 6,93
Homens (n = 52)	17,16 $\pm$ 10,11	3,12 $\pm$ 1,73	21,80 $\pm$ 7,74

CC) Comprimento da cauda, MO) Momento de Olive, %DNA) Porcentagem de DNA na cauda. Teste t Student considerando um  $p < 0,05$ .

Quanto ao uso de EPIs, foi observado um leve aumento na frequência de dano para aqueles que usam os equipamentos. Contudo, não foi estatisticamente significativo ( $p > 0,05$ ; Tabela 4).

**Tabela 4:** Frequência média ( $\pm$ desvio padrão) do uso de EPIs baseado nos parâmetros do ensaio cometa.

Ensaio cometa	Média $\pm$ Desvio padrão para os EPIs		<i>p</i> -Valor
	Sim (n = 38)	Não (n = 27)	
CC	17,24 $\pm$ 8,97	15,06 $\pm$ 9,43	0,349
MO	3,20 $\pm$ 1,65	2,70 $\pm$ 1,62	0,224
%DNA	22,41 $\pm$ 8,36	20,29 $\pm$ 6,78	0,281

CC) Comprimento da cauda, MO) Momento de Olive, %DNA) Porcentagem de DNA na cauda. EPI = Equipamentos de proteção individual. Teste t Student considerando um  $p < 0,05$ .

Durante a coleta de dados os horticultores apresentaram os agrotóxicos utilizados por eles no manejo das hortas. Esses produtos foram listados e categorizados pelos pesquisadores conforme nível toxicológico e classe (Tabela 5).

**Tabela 5:** Levantamento dos agrotóxicos relatados pelos horticultores.

Produto	Classificação Toxicológica	Classe
Amistar Top	III – Medianamente tóxico	Fungicida
Assist	IV – Pouco tóxico	Inseticida/Acaricida
Auster	-	-

Barrage	-	Inseticida
Cupinicida		
Decis 25	I – Extremamente tóxico	Inseticida
Diazinon	II -	Inseticida/Acaricida
DMA 806 BR	I Extremamente tóxico	Inseticida
Foskaiium	-	-
Fusilade	III – Extremamente tóxico	Herbicida
Gramaxone 200	I – Extremamente tóxico	Herbicida
Lannate	I – Extremamente tóxico	Inseticida
Lorsban 480	I – Extremamente tóxico	Inseticida/Acaricida
Manzat WG	I – Extremamente tóxico	Fungicida/Acaricida
Metamidofós	I – Extremamente tóxico	Inseticida/Acaricida
Podium	II – Altamente toxico	Herbicida
Potassio 20	-	
Roundup	II – Altamente tóxico	Herbicida
Rumo WG	I – Extremamente tóxico	Inseticida
Score	I – Extremamente tóxico	Fungicida
Talcord 250	I – Extremamente tóxico	Inseticida
Targa	I – Extremamente tóxico	Herbicida
Vertimec	III – Medianamente tóxico	Acaricida/Inseticida/Nematicida

- Classificação toxicológica e classe não encontrada.

Uma série de locais de armazenamentos de agrotóxicos foi indicada pelos horticultores, cujo, quartos foi o mais citado, seguido por dispensa para próprio armazenamento dos produtos (Gráfico 1).

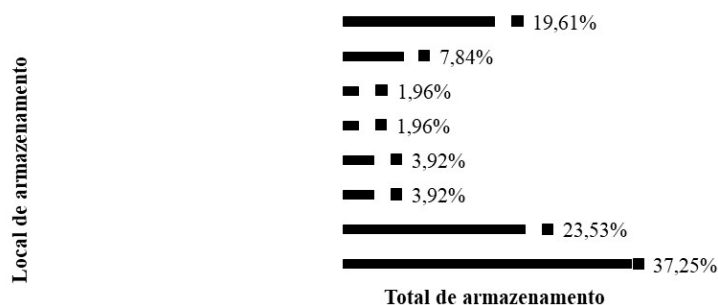


Gráfico 1: Local de armazenamento de agrotóxico relatado pelos horticultores.

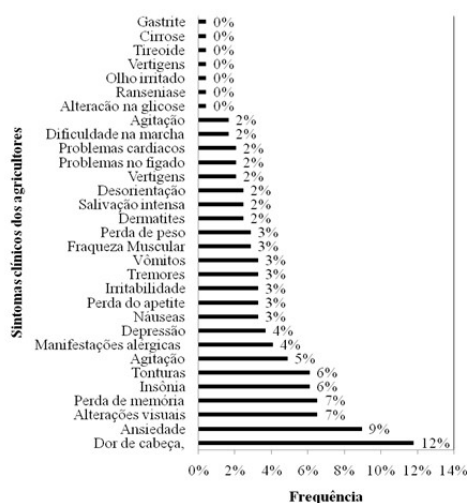


Gráfico 2: Frequência dos principais sintomas relatados pelos horticultores.

Os dados apontam que dentre os 65 horticultores estudados apenas 11 relataram já terem sido intoxicados por agrotóxicos e 38 deles desconhecem os sintomas de intoxicação. Os 27 indivíduos que afirmaram conhecer os sintomas apresentaram um total de 31 manifestações de alterações fisiológicas no

organismo (Gráfico 2). Dentre os sintomas mais frequentes citados pelos participantes destacam-se: dores de cabeça, ansiedade, alterações visuais, perda de memória, insônia e tontura.

Os dados analisados apontam que a variável “consumo de bebidas alcoólicas” não apresentou diferença significativa. No entanto, pesquisadores Martelli-Palomino et al. (2005) ao avaliar, pelo Ensaio Cometa o nível de exposição genotóxica ao qual estavam expostos 49 indivíduos que faziam consumo crônico de bebidas alcoólicas, abstinentes e controles saudáveis, identificaram diferença significativa entre o grupo dos alcoolistas ( $0.48 \pm 0.24$ ) e grupo controle ( $0.22 \pm 0.16$ )  $p < 0,0001$ . O consumo de álcool e exposição aos pesticidas embora seja considerado fatores de confusão, ambos podem causar distúrbios aos sistemas nervoso central e periférico que têm características parecidas (Araújo et al., 2007), nesse sentido, possivelmente devem agir sinergicamente.

Em relação ao tabagismo também não foi apresentado diferença estatística significativa para dano genotóxico. Estudos realizados em populações expostas ao cultivo de tabaco, apresentaram frequência significativa em relação ao grupo controle (DUFFO et al., 2009). Outro estudo (KAHL et al., 2018) também detectou diferença entre o hábito de consumo de cigarros, contudo para relações caso-controle. Como a fumaça do tabaco é uma fonte bem documentada de uma variedade de compostos potencialmente mutagênicos e carcinogênicos, os fumantes devem ser um grupo de estudo adequado com exposição relevante a mutagênicos (REMOR et al., 2009). Por outro lado, considerando que no presente estudo não tenha sido encontrado diferença, corrobora os dados encontrados em pesquisa com Remor et al. (2009), sustentando que o efeito do fumo no ensaio do cometa continua sendo uma questão controversa.

A influência do gênero na manifestação de dano genotóxico não foi manifesta ao analisar os dados. Nosso estudo corrobora pesquisa anterior com Kahl et al. (2018), onde não evidenciaram diferença entre homens e mulheres expostas a pesticidas em lavouras de tabaco. Já em estudos avaliando caso-controle, Kahl et al. (2018) evidenciou diferença significativa de frequência de homens e mulheres entre grupos expostos e não expostos a pesticidas. Silva et al. (2014) observou altos valores de dano ao DNA nos homens em comparação às mulheres nos grupos expostos a pesticidas em produção de tabaco. Homens também tiveram maior frequência naquele estudo de Benedetti et al. (2013).

Sobre o uso de EPIs, foi observado um discreto aumento na frequência de dano para aqueles que usam os equipamentos. Contudo, não foi estatisticamente significativo ( $p > 0,05$ ). Remor et al. (2009) em uma pesquisa de caso e controle, não observou diferença entre trabalhadores que usavam em relação a aqueles que não usavam os EPIs, bem como dentro dos grupos. Para os horticultores do presente estudo, devido o reconhecimento da pesquisa, possivelmente deve ter forte viés para a resposta positiva do uso de EPIs. Em contrastes, esperava-se um aumento para aqueles que não usam os equipamentos. Outra possível hipótese é que nem sempre os trabalhadores prestam atenção suficiente à renovação ou limpeza de suas roupas ou equipamentos de proteção (REMOR et al., 2009), nesse caso, podem ainda continuar-se auto contaminando. Marcelino et al. (2019) também aponta que o equipamento de proteção individual (EPI) é usado incorretamente ou não. Para as pessoas que manuseia os pesticidas, o principal caminho de absorção é através da pele e do sistema respiratório (FARIA et al., 2007) Dessa forma, são recomendados o



uso de roupas, botas impermeáveis, máscaras e luvas apropriadas para evitar a contaminação (REMOR et al., 2009; MARCELINO et al., 2019).

Um dado preocupante da pesquisa foi em relação ao local de armazenamentos de agrotóxicos. O quarto foi o local mais citado, seguido por dispensa. A investigação da forma de armazenamento de produtos agrícolas é suma importância em investigações toxicológicas, visto os perigos dos produtos químicos e seus frascos após o uso. Dado que não é raro encontrarem armazenamento inadequado dos agrotóxicos nas propriedades rurais, queima dos vasilhames e desprezo delas nas margens das estradas e dos rios (FILHO NETO et al., 2014).

Neste trabalho, podemos observar que dentre a população em estudo, apenas 11 dos indivíduos relataram já terem sofrido intoxicações por agrotóxico e 54 indivíduos alegaram nunca terem sofrido. No entanto, para essa última população, 38 indivíduos desconhecem os sintomas de intoxicação, o que nos leva a pressupor que o número de intoxicações possa ser maior que o relatado, já que muitos não saberiam reconhecer um quadro clínico de intoxicação. Esses dados, corroboram com Bedor et al. (2009) que em seu estudo, mostrou que apesar de 30% dos trabalhadores rurais entrevistados terem apresentado sintomas de intoxicação aguda em algum momento durante a aplicação de agrotóxicos, apenas 7% foram diagnosticados, de fato, com intoxicação. Além disso, Santos (2012), em uma análise similar, constatou que 85,7% dos agricultores alegaram sintomas de intoxicação após a exposição aos agrotóxicos em algum momento da vida, mas somente dois deles procuraram atendimento médico.

A utilização de agrotóxicos compromete a saúde física e psíquica do agricultor (MORIN et al., 2018). Um total de 31 sintomas clínicos foram relatados pelos horticultores, cujos aqueles mais frequentes foram: dores de cabeça, seguido por ansiedade, alterações visuais e perda de memória. Todavia, não podemos evidenciar se há uma relação entre os sintomas e a exposição aos agrotóxicos, embora os horticultores tenham citado exposição de 1 a 16 anos ou mais com pesticidas. Por outro lado, estudos tem mostrado correlação entre sintomas clínicos e trabalho agrícola com uso de agrotóxicos (ARAÚJO et al., 2007; MORIN et al., 2018; FILHO NETO et al., 2018).

Nessa investigação, sugerimos que não existe diferença no aumento do dano ao DNA entre estilos de vida, como, uso de bebidas alcoólicas e uso de cigarros em horticultores exposta a agrotóxico. Em contraste, chamamos atenção que novos estudos devem ser realizados considerando uma comparação com uma população controle para validar esse diagnóstico; tendo em vista que uma série de estudos tem alertado para o impacto de pesticidas na lesão do DNA. Além disso, conhecer a susceptibilidade entre homens e mulheres em uma população heterogênea que trabalham nessas culturas. Assim, esses estudos somaram para a para diagnose da saúde de trabalhadores agrícolas e para a segurança alimentar.

## REFERÊNCIAS

ABRASCO. Associação Brasileira De Saúde Coletiva. **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.** São Paulo, 2015.

ALMEIDA, V. E. S.; CARNEIRO, F. F.; VILELA, N. J.. Agrotóxicos em hortaliças: seguranças alimentar, riscos socioambientais e políticas públicas para promoção da saúde. **Tempus. Actas**

**em Saúde Coletiva**, v.4, n.4, p.84-99, 2009.

ARAÚJO, A. J.; LIMA, J. S.; MOREIRA, J. C.; JACOB, S. C.; SOARES, M. O.; MONTEIRO, M. C. M.; MARKOWITZ, S.. Exposição múltipla a agrotóxicos e efeitos à saúde: estudo transversal em amostra de 102 trabalhadores rurais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p.115-130, 2007. DOI:

<http://doi.org/10.1590/s1413-81232007000100015>

BEDOR, C. N. G.; RAMOS, L. O.; PEREIRA P. J.. Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Rev. bras. Epidemioldeez**, v.12, n.1, p.39-49, 2009.

BENEDETTI, D.; NUNES, E.; SARMENTO, M.; PORTO, C.; SANTOS, C. E. I. D.; DIAS, J. F.; SILVA, J.. Genetic damage in soybean workers exposed to pesticides: valuation with the comet and buccal micronucleus cytome assays. **Mutation Research**, v.752, p.28-33, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.01.001>

CARSON, R.. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1964.

COELHO, F. E. A.; LOPES, L. C.; CAVALCANTE, R. M. S.; CORRÊA, G. C.; LEDUC, A. O. H. C.. Brazil unwisely gives pesticides a free pass. **Science**, v.365, p.552-553, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1126/science.aay3150>

DI PAOLO, C.. Aplicação do ensaio Cometa a estudos de dano ao DNA de robalos, *centropomus parallelus*, 2006. DOI: <http://doi.org/10.11606/D.21.2006.tde-17102006-154149>

DUFFO, G. S.; FARINA, S. B.; GIORDANO, C. M.. Characterization of solid embeddable reference electrodes for corrosion monitoring in reinforced concrete structures. **Electrochim**, v.54, p.1010-1020, 2009.

FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A.. Pesticides poisoning in Brazil: the official notification system and challenges to conducting epidemiological studies. **Cien Saude Colet**, v.12, p.25-38, 2007.

FILHO NETO, M. G. F.; ANDRADE, R. D.; FELDEN, E. P. G.. Trabalho na agricultura: possível associação entre intoxicação por agrotóxicos e depressão. **Revista perspectiva**, v.3, n.1, p.69-82, 2018.

JACOBSON, M. Z.. The health and climate impacts of carbon capture and direct air capture. **Energy Environ. Sci**, v.12, p.3567-3574, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9EE02709B>.

KAHL, V. F. S.; SILVA, F. R.; ALVES, J. D. S.; SILVA, G. F.; PICININI, J.; DHILLON, V. S.; FENECH, M.; SOUZA, M. R.; DIAS, J. F.; SOUZA, C. T.; SALVADOR, M.; BRANCO, C. D. S.; THIESEN, F. V.; SIMON, D.; SILVA, J.. Role of PON1, SOD2, OGG1, XRCC1, and XRCC4 polymorphisms on modulation of DNA damage in workers occupationally exposed to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.159, n.15, p.164-171, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.052>

KAHL, V. F. S.; DHILLON, V. S.; SIMON, D.; SILVA, F. R.; SALVADOR, M.; BRANCO, C. D. S.; CAPPETTA, M.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, W.; THIESEN, F. V.; DIAS, J. F.; SOUZA, C. T.; FENECH, M.; SILVA, J.. Chronic occupational exposure endured by tobacco farmers from Brazil and association with DNA damage. **Mutagenesis**, v.33, p.119-128, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/mutage/gex045>

MARCELINO, A. F.; WACHTEL, C. C.; GHISI, N. C.. Are Our Farm Workers in Danger? Genetic Damage in Farmers Exposed to Pesticides. **Int J Environ Res Public Health**, v.16, n.3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16030358>

MARONI, M.; FANETTI, A.; METRUCCIO, F.. Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. **Med. Lav**, v.97, n.2, p.430-470, 2006.

MARTELLI-PALOMINO, G.; VOGEL, C. I.; COSTA, L. A.; TAKAHASHI, C. S.. **Utilização de biomarcadores para a avaliação do dano genético induzido pelo consumo abusivo de álcool**, São Paulo, 2005.

MARTÍNEZ-VALENZUELA, C.; GÓMEZ-ARROYO, S.; VILLALOBOS-PIETRINI, R.; WALISZEWSKI, S.; CALDERÓN-SEGURA, M. E.; FÉLIX-GASTÉLUM, R.; Y ÁLVAREZ-TORRES, A.. Geno-toxic biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa state, Mexico. **Environ. Int.** v.35, p.1155-1159, 2009.

MORIN, P. V.; STUMM, E. M. F.. Transtornos mentais comuns em agricultores, relação com agrotóxicos, sintomas físicos e doenças preexistentes. **Psico**, v.49, n.2, 196-205, 2018.

NEVES, P. D. M.; MENDONÇA, M. R.; BELLINI, M.; PÔSSAS, I. B.. Intoxicação por agrotóxicos agrícolas no estado de Goiás, Brasil, 2005-2015: análise dos registros nos sistemas oficiais de informação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.25, n.7, 2743-2754, 2020.

OBE, G.. Chromosomal Aberrations: Formation, Identification and Distribution. **Mutation Research**, v.504, n.5, p.17-36, 2004.

PIGNATI, A. W.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G.. Spatial distribution of pesticide use in Brazil: a strategy for Health Surveillance. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n.10, 2017.

REMOR, A. P.; TOTTI, C. C.; MOREIRA, D. A.; DUTRA, G. P.; HEUSER, V. D.; BOEIRA, J. M.. Occupational exposure of farm workers to pesticides: biochemical parameters and evaluation of genotoxicity. **Environment International**, v.35, n.2, p.273-278, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.06.011>

ROSIC, N.; BRADBURY, J.; LEE, M.; BALTROTSKY, K.; GRACE, S.. The impact of pesticides on local waterways: A scoping review and method for identifying pesticides in local usage. **Environmental Science and Policy**, v.106, p.12-21, 2020.

SANTOS, D. B.; SCHIAR, V. P. P.; PAIXÃO, M. W.; NOGUEIRA, C. W.; ASCHNER, M.; ROCHA, S. G.; VASQUEZ, M.; HARTMANN, A.. The comet assay as an indicator test for germ cell genotoxicity. **Mutation Research**, v.681, p.3-12, 2009.

SANTOS, M. I.. **Manejo de agrotóxicos e seus impactos na saúde dos trabalhadores da agricultura de abacaxi de um assentamento do Tocantins**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2012.

SILVA, F. R.; KVIKTO, K.; ROHR, P.; ABREU, M. B.; THIESEN, F. V.; SILVA, J.. Genotoxic assessment in tobacco farmers at different crop times. **Science of the Total Environment**, v.490, n.15, p.334-341, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.018>

SILVA, J. M.; NOVATO-SILVA, E.; FARIA, H. P.; PINHEIRO, T. M. M.. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.10, n.4, p.891-903, 2005.

SILVA, R. N.; SILVA, J. M.; SILVA, W. C.. Horticultores e agrotóxicos: estudo de caso no município de Arapiraca (AL) **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.4, n.1, 2013. DOI: <https://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2013.001.0005>

SINGH, N. P.; MCCOY, M. T.; TICE, R. R.; SCHNEIDER E. L.. A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. **Exp Cell Res**, v.175, p.184–191. 1988.

SIQUEIRA, S. L.; KRUSE, M. H. L.. Agrotóxicos e saúde humana: contribuições dos profissionais do campo da saúde. **Rev. Esc. Enferm**, v.42, n.3, p.584-590, 2008.

SPEIT, G.; SCHUTZ, P.; HOFFMAN, H.. Genotoxic effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) in cultured mammalian cells are not independently reproducible. **Mutation Research**, v.626, p.42–47, 2007.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.