

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

RISCO DETERMINÍSTICO E PROBABILÍSTICO DE INGESTÃO DE
AGROTÓXICOS PELO CONSUMO DE MORANGO

Fernando Berlitz
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Sistemas de Produção Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Berlitz, Fernando
Risco determinístico e probabilístico de ingestão de
agrotóxicos pelo consumo de morango / Fernando Berlitz. -
- 2020.
83 f.
Orientador: Renar João Bender.

Coorientador: Susana de Oliveira Elias. Dissertação

(Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Análise de risco. 2. Morango. 3. Resíduos de
Agrotóxicos. 4. Avaliação de Risco. 5. Monte Carlo. I.
Bender, Renar João, orient. II. Elias, Susana de
Oliveira, coorient. III. Título.

FERNANDO BERLITZ
Bacharel em Agronomia - UFRGS

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 02.03.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 29.04.2021
Por

RENAR JOÃO BENDER
Orientador - PPG Fitotecnia
UFRGS
Fitotecnia

CHRISTIAN BREDEMEIER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em

SUSANA DE OLIVEIRA ELIAS
Coorientadora
Instituto de Ciência e
Tecnologia de alimentos/UFRGS

LAURI LOURENÇO RADUNZ
PPG Fitotecnia/UFRGS

TATIANA DA SILVA DUARTE
PPG Fitotecnia/UFRGS

TÂMMILA VENZKE KLUG
Instituto Federal Farroupilha

CARLOS ALEBRTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

À minha família, alicerce da vida. Aos meus pais Silene e Victor e irmã Ana Paula, por todos os ensinamentos. Obrigado por serem meus guias e meu porto seguro.

À Cris, minha companheira de vida e mãe da nossa tão esperada Heloísa, por todo o amor, carinho, parceria, paciência e apoio de sempre. Obrigado por sempre estar ao meu lado.

Ao meu orientador, professor Renar João Bender, pela orientação, conhecimento e amizade.

À minha coorientadora, Dra. Susana de Oliveira Elias, pelos ensinamentos, dedicação e comprometimento.

A todos os amigos pelas conversas, debates e momentos de descontração.

Muito obrigado por fazerem a diferença em minha vida!

RISCO DETERMINÍSTICO E PROBABILÍSTICO DE INGESTÃO DE AGROTÓXICOS PELO CONSUMO DE MORANGO¹

Autor: Fernando Berlitz
Orientador: Renar João Bender
Coorientadora: Susana de Oliveira Elias

RESUMO

A recorrente presença do morango entre os alimentos com resíduos de agrotóxicos fomenta o debate a respeito dos possíveis impactos negativos à saúde dos consumidores. Processos de avaliação de risco se fazem necessários para o entendimento desta problemática de forma mais ampla. O objetivo desse estudo foi realizar uma avaliação determinística e probabilística do risco de ingestão de agrotóxicos pelo consumo de morangos. Para tanto, foi desenvolvido um modelo de avaliação de risco baseado em dados de consumo de morango e de concentração de agrotóxicos. Foi realizada a caracterização do perfil dos consumidores de morangos, através de um questionário *online*, onde buscou-se, especialmente, identificar a quantidade de morango consumido em cada refeição. Foram obtidas 936 respostas no questionário, sendo que as quantidades consumidas variaram entre 50 até 250 g em cada refeição. Os dados de concentração de resíduos de agrotóxicos foram obtidos através de laudos de análises multirésíduos de morangos produzidos no estado do Rio Grande do Sul. No método determinístico, a ingestão foi calculada para cada uma das quantidades de morango de acordo com a concentração do ingrediente ativo, considerando pesos corporais entre 5 e 70 kg, sendo o risco caracterizado quando a ingestão ultrapassou a IDA (Ingestão Diária Aceitável). No método probabilístico, os dados de consumo e de concentração foram inseridos em forma de distribuição e a ingestão foi calculada probabilisticamente através da simulação de Monte Carlo em dois cenários. No primeiro cenário, as quantidades consumidas consideradas foram as encontradas no questionário e no segundo foram utilizados dados de consumo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), sendo que os valores de concentração foram os mesmos para ambos os cenários. A caracterização do risco foi apresentada em porcentagem do número de vezes em que a ingestão simulada era superior à IDA. De acordo com o modelo determinístico, o risco ficou concentrado nos pesos corporais entre 5 e 30 kg. No modelo probabilístico, a maior parte das simulações de ingestão se apresentaram acima da IDA quando considerados os dados de consumo provenientes do questionário para todos os ingredientes ativos testados.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (83f.). Março, 2020

DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC RISK OF PESTICIDE INTAKE BY STRAWBERRY CONSUMPTION²

Author: Fernando Berlitz
Adviser: Renar João Bender
Co-Adviser: Susana de Oliveira Elias

ABSTRACT

The recurring presence of strawberry between the foods with pesticide residues powers the discussion about the possible negatives impacts on consumers' health. Risk assessment processes are needed for the comprehension of this problematic more broadly. This said, the aim of this study was to perform a deterministic and probabilistic risk assessment of the pesticides intake by the consumption of strawberries. For this purpose, it was developed a risk analysis model based on data of strawberries consumption and pesticide concentration. The strawberries consumers profile was characterized through an online questionnaire where the main objective was to identify the amount of strawberries consumed in each meal. 936 answers were obtained in the questionnaire, and the amounts consumed varied between 50 and 250 g on each meal. Data on the concentration of pesticides residues were obtained through the report of mutiresidues analysis of strawberries produced in Rio Grande do Sul. On the deterministic method the intake was calculated for each quantity of strawberry according to the concentration of active ingredient considering weighs between 5 and 70 kg being the risk characterized when the intake overlapped ADI (Acceptable Daily Intake). On the probabilistic method, data of consumption and concentration were inserted in format of distribution and the intake was calculated probabilistically through Monte Carlo Method in both scenarios. On the first scenario the quantities consumed were considered the ones found on the questionnaire and on the second scenario were used data from IBGE (*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*) and the concentration values were the same in both scenarios. The risk characterization took place in percentage of number of times that the intake simulation was higher than ADI. According to the deterministic model, the risk is concentrated on body weights between 5 and 30 kg. On the probabilistic model, most of the samples parts of intake show themselves higher than ADI when considered data of consumption from the questionnaire for all the active ingredients tested.

² Master Dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (83p.) March, 2020.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Morango.....	3
2.2. Agrotóxicos.....	5
2.3. Resíduos de agrotóxicos em alimentos e programas de monitoramento.....	8
2.4. Boas Práticas Agrícolas (BPA)	9
2.5. Análise de Risco (AR)	10
2.5.1. Avaliação de Risco (AvR)	12
2.5.2. Avaliação de risco quantitativo para perigos químicos.....	13
2.5.3. Identificação do perigo.....	13
2.5.4. Caracterização do perigo.....	14
2.5.5. Avaliação da exposição.....	16
2.5.5.1 Modelos probabilístico e determinístico.....	17
2.5.6. Caracterização do risco.....	18
2.6. Referências.....	20
3. CAPÍTULO 1 - Perfil de consumidores e consumo de morango através de um questionário <i>online</i>	27
RESUMO.....	28
ABSTRACT.....	28
3.1. Introdução.....	29
3.2. Material e métodos.....	30
3.3. Resultados e discussão.....	31
3.4. Considerações finais.....	41
3.5. Referências.....	41

	Página
4. CAPÍTULO 2 - Risco determinístico e probabilístico no consumo de morangos com resíduos de agrotóxicos.....	44
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	45
4.1. Introdução.....	46
4.2. Material e métodos.....	47
4.2.1. Identificação do perigo.....	48
4.2.2. Caracterização do perigo.....	48
4.2.3. Avaliação da exposição.....	49
4.2.4. Caracterização do risco.....	50
4.3. Resultados e discussão.....	51
4.3.1. Resultados das análises multiresíduos de agrotóxicos em morangos e ingredientes ativos detectados.....	51
4.3.2 Parâmetro toxicológico.....	55
4.3.3 Caracterização determinística do risco.....	56
4.3.4 Caracterização probabilística do risco.....	59
4.4. Conclusões.....	63
4.5. Referências.....	63
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
6. APÊNDICES.....	69

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
1. Classificação toxicológica dos agrotóxicos de acordo com os efeitos à saúde humana.....	7
CAPÍTULO 1	
1. Distribuição dos dados socioeconômicos e demográficos dos respondentes do questionário sobre hábitos de consumo de morango, realizado em 2019, de acordo com o sexo, idade, renda familiar, escolaridade e localização da residência.....	31
2. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre a frequência de consumo e quantidade de morango consumido em cada refeição conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.....	33
3. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre o modo de armazenamento dos morangos no pré-consumo conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.....	37
4. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre o tempo de armazenamento dos morangos no pré-consumo conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.....	37
5. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre os hábitos e métodos de higienização dos morangos no pré-consumo conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.....	38

CAPÍTULO 2

1.	Modelo de avaliação de risco baseado nos dados de concentração de resíduos de agrotóxicos em amostras de morangos coletados entre 2018 e 2019 na CEASA/RS, nos dados de consumo de morango provenientes do questionário e nos dados do POF de 2010, sendo os dados de consumo o fator diferencial dos cenários 1 e 2.....	50
2.	Ingredientes ativos detectados em 62 amostras de morangos coletados na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019, sua classe agronômica, classificação quanto ao uso no morango em autorizado (A) ou não autorizado (NA), sua IDA e a frequência de ocorrência.....	53
3.	Relação de ingredientes ativos detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019 em situação irregular (acima do LMR ou não autorizado para uso no morango (NA)) e sua respectiva IDA.....	55
4.	Resultados da avaliação determinística do risco onde a ingestão de agrotóxicos foi superior ao valor de IDA, com base nos ingredientes ativos em situação irregular detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019.....	56
5.	Porcentagem de interações onde a ingestão do i.a. seria superior a IDA se o consumo dos morangos analisados fosse nas quantidades levantadas neste estudo (cenário 1) ou nas quantidades da POF (cenário 2)	60

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
1. Histórico de consumo de agrotóxicos no Brasil entre os anos de 2000 e 2018, de acordo com dados do IBAMA, 2019.....	6
CAPÍTULO 1	
1. Distribuição das respostas sobre a quantidade de morango consumido por refeição de acordo como gênero (A) e idade (B) do respondente do questionário sobre hábitos de consumo de morango realizado em 2019.....	35
2. Frequência relativa das respostas sobre o local onde os respondentes da pesquisa costumam comprar os morangos que consomem conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.....	36
3. Frequência relativa das respostas sobre as formas de consumo do morango conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.....	39
4. Frequência relativa das respostas sobre os motivos pelos quais alguns dos respondentes não consomem morangos conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morango realizado em 2019.....	40

CAPÍTULO 2

1. Resultado das análises de resíduos de agrotóxicos de 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019. **A:** Distribuição das 25 amostras satisfatórias com resíduos abaixo do LMR e sem resíduos de agrotóxicos. **B:** Distribuição das 37 amostras insatisfatórias por apresentar resíduos acima do limite máximo de resíduos (>LMR), acima do limite máximo de resíduos e não autorizados (>LMR/NA) ou não autorizados (NA) 52

1 INTRODUÇÃO

A utilização de produtos químicos para o controle de pragas e de doenças na agricultura não é recente e em muito está atrelada ao crescimento populacional, ao êxodo rural e ao modelo empresarial de fazer agricultura. Além disso, a introdução de agrotóxicos nos sistemas produtivos do Brasil foi fortemente estimulada nos anos de 1970 a partir da implantação de indústrias químicas, parte integrante do plano de modernização agrícola introduzida pela “revolução verde” (Peres e Moreira, 2003). Tais medidas fizeram com que a produção de alimentos no Brasil desse um grande salto, fazendo com que o país passasse de importador para exportador de alimentos.

Atualmente, o debate em torno da utilização ou não de agrotóxicos nos sistemas de produção de alimentos é bastante acirrado e divide opiniões. Os que defendem o uso dos agrotóxicos se apoiam sob o argumento de que estes são uma ferramenta importante, sem a qual a produção em larga escala se tornaria insuficiente e/ou inviável economicamente. Do outro lado, estão os que defendem que a utilização de agrotóxicos deveria ser abandonada, tendo em vista seus impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. Há ainda, um pensamento mais equilibrado, que acredita que os agrotóxicos são necessários, mas seu uso indiscriminado deve ser veementemente coibido.

Nesse sentido, é crescente a preocupação com a alimentação saudável sob a perspectiva nutricional e sanitária, bem como com a possibilidade de presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos e seus possíveis impactos à saúde humana. Isso fomenta o debate acerca dos riscos envolvidos no consumo de alimentos com estes resíduos e promove o desenvolvimento de métodos que possam estimar esses riscos.

Em diversos países, entre eles o Brasil, foram estruturados programas de monitoramento de resíduos de agrotóxicos, de modo a melhorar a qualidade dos alimentos oferecidos no mercado. No âmbito federal, existe o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), coordenado pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), com enfoque exclusivamente no monitoramento de alimentos de origem vegetal.

A preocupação com a presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos é maior naqueles produtos que podem ser consumidos frescos ou *in natura*, como o morango. Segundo o relatório do PARA de 2016, morangos frescos estão entre os alimentos com a maior incidência de amostras em desconformidade com a legislação. O morango, que é uma cultura de grande importância econômica no estado do Rio Grande do Sul e no Brasil, apresenta-se como uma alternativa na composição e/ou na diversificação de renda, principalmente, para agricultores familiares. Devido a ocorrência de pragas e doenças nas diferentes fases do ciclo produtivo da cultura do morango, desde a muda recém-plantada até os frutos, os agrotóxicos acabam sendo a alternativa mais frequentemente utilizada para diminuir os prejuízos econômicos ocasionados pelas pragas causadoras de danos e doenças.

O monitoramento de resíduos de agrotóxicos em alimentos é importante por servir de base para estudos de avaliação de risco que visam quantificar o risco que a ingestão de resíduos de agrotóxicos via alimentação pode oferecer à saúde humana. Os processos de avaliação de risco do consumo de alimentos com resíduos de agrotóxicos levam em consideração, além da concentração dos resíduos no alimento, a quantidade de alimento ingerida pelo consumidor. Quanto mais precisas estas informações, maior a acurácia da avaliação de risco.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o risco envolvido no consumo de morangos com resíduos de agrotóxicos. Para tanto, foram utilizados resultados de laudos de análises de resíduos de agrotóxicos de amostras de morango produzido no Rio Grande do Sul e dados de consumo de morango, coletados através de um questionário *on-line*. Estes dados foram utilizados no desenvolvimento de um modelo de avaliação de risco pelos métodos determinístico e probabilístico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Morango

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é uma planta nativa das regiões de clima temperado da Europa e das Américas, pertencente à família das rosáceas. O morangueiro cultivado comercialmente é um híbrido natural, resultante de um cruzamento casual entre duas espécies americanas levadas à França (Antunes, 2011).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção mundial de morangos praticamente dobrou em um período de 15 anos. Em 2004, a produção global foi estimada em 4,6 milhões de toneladas, passado para 8,9 milhões de toneladas em 2019. O crescimento da área de produção neste mesmo período foi de apenas 19%, tendo a produtividade média mundial sido incrementada 16,8 para 22,4 toneladas por hectare (FAO, 2020).

O cultivo do morangueiro é uma atividade em expansão no Brasil, o que se deve ao grande retorno econômico gerado pela cultura (Silveira e Guimarães, 2014). A atividade se apresenta como uma alternativa para os agricultores familiares, que necessitam de alto rendimento por possuírem pequenas áreas e que buscam maior segurança econômica e uso racional do trabalho (Ronque *et al.* 2013).

Dentre as pequenas frutas, ou também chamadas “*minor crops*”, o morango é, sem dúvida, a mais conhecida e apreciada pelos brasileiros (Bandeira, 2012). Antunes, Bonow e Reisser Junior (2020) reuniram dados de diversas entidades como Embrapa, Incaper-ES, Emater (DF, MG, PR, RS), APTA e Epagri-SC, e estimam que o Brasil cultiva anualmente cerca de 4.500 hectares de morangueiros, alcançando uma produção em torno de 165.000 toneladas.

Os estados brasileiros que mais produzem morangos são: Minas Gerais, 84.000 toneladas; Paraná, 21.450 toneladas; Rio Grande do Sul, 21.763 toneladas; e São Paulo, 13.801 toneladas. O Rio Grande do Sul, possui uma área plantada de 518 hectares, chegando a produtividade média de 42 t/ha, sendo as principais regiões produtoras do estado a Serra, o Vale do Caí e a Zona Sul (Antunes; Bonow; Reisser Junior, 2020).

O morango pode ser cultivado no solo recoberto ou não por cobertura plástica, em túneis baixos, em estufas ou mesmo em sistemas fora do solo (Pagot *et al.*, 2005). A escolha do sistema produtivo está atrelada ao perfil do produtor, bem como às exigências do mercado consumidor (Lima; Calegario, 2011). No entanto, o sistema de produção de morangueiro fora do solo vem sendo recomendado, pois mitiga o labor, amplia o período de colheita e reduz os custos operacionais (Embrapa, 2019).

O sistema de cultivo fora do solo pode ser classificado em: fechado, quando a solução nutritiva que passa pelas raízes retorna ao reservatório de origem; ou aberto, quando a solução aplicada não retorna ao reservatório. Por questões econômicas e ambientais, há uma tendência de migração para o sistema de cultivo fechado, com uso de substrato e recirculação da solução nutritiva (Lieten *et al.*, 2004; Andriolo *et al.*, 2009).

As principais cultivares de morangueiro utilizadas no Brasil são 'Oso Grande', 'Camarosa', 'Aromas', 'Albion' e 'San Andreas'. (Antunes e Peres, 2013; Kirschbaum *et al.*, 2017). A partir da utilização destas novas cultivares mais adaptadas ao clima local e adoção de sistemas de produção mais adequados, como os descritos anteriormente, a produção de morangos ocorre praticamente ao longo de todo o ano (Antunes e Reisser Júnior, 2007). Ainda assim, o pico de produção ocorre entre os meses de julho e janeiro quando é possível encontrar facilmente o produto no comércio. Diferentemente de outras espécies olerícolas, o morango brasileiro não possui identificação da cultivar comercializada e desta forma a aquisição de morangos ocorre a partir de critérios de qualidade como cor, forma e peso, além do aroma e do próprio frescor do produto (Lunati, 2006)

A obtenção de frutos com o conjunto de características exigidas pelo mercado consumidor não é uma missão fácil, tendo em vista que o morangueiro é uma cultura suscetível ao ataque, principalmente, de fungos causadores de podridões, vírus e de ácaros como é o caso do ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*

Koch). Por essa razão, essa cultura está sujeita à aplicação de agrotóxicos para o controle desses potenciais agentes patogênicos (Freitas *et al.*, 2011), resultando na possibilidade de presença de resíduos dessas substâncias nos frutos.

A questão dos resíduos de agrotóxicos em morangos é relevante, apresentando vários estudos com diversas abordagens sobre o assunto. Oliveira e Toledo (1995) avaliaram a presença de resíduos de agrotóxicos em morangos comercializados na CEASA de Campinas – SP. Faria *et al.* (2009) avaliaram polpas de morango industrializadas e comercializadas no estado de Minas Gerais. Os resultados detectaram a presença de substâncias não autorizadas e autorizadas acima do limite considerado seguro, indicando o não cumprimento das boas práticas agrícolas de produção.

Oshita e Jardim (2012) em sua revisão, abordaram o morango como uma preocupação alimentar, ambiental e sanitária. Os autores destacam a cromatografia líquida moderna como a principal técnica para determinação de resíduos de agrotóxicos nessa cultura. Zirena Vilca *et al.* (2017) analisaram morangos com o intuito de ajustar e validar o método QuEChERS para a determinação de 12 agrotóxicos organoclorados usando CG- μ ECD em 36 amostras de morango provenientes de três varejões da cidade de Piracicaba no estado de São Paulo.

Silva (2017) buscou identificar os fatores que impactam a qualidade de vida do produtor de morango, nos aspectos saúde e segurança, e as externalidades negativas do uso de agrotóxicos, com destaque para o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), respeito à legislação trabalhista e sanitária, conhecimento por parte dos produtores sobre os riscos de exposição aos agrotóxicos.

2.2 Agrotóxicos

A utilização de agrotóxicos no Brasil, entre os anos 2000 e 2018, apresentou, segundo dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), aumento de mais de três vezes (Figura 1). Esse aumento está ligado ao fato de que os agrotóxicos se apresentam como a ferramenta mais utilizada no controle de doenças, insetos e de plantas daninhas na produção agrícola (Gindri *et al.*, 2019).

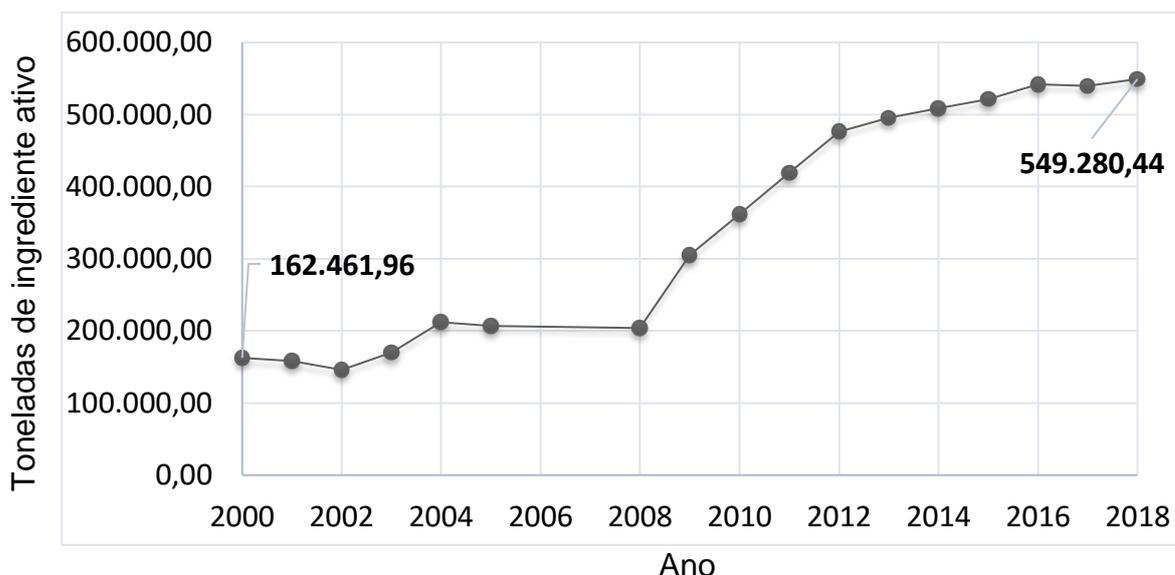


FIGURA 1. Histórico de consumo de agrotóxicos no Brasil entre os anos de 2000 e 2018, de acordo com dados do IBAMA, 2019.

O uso de agrotóxicos no Brasil é regulamentado pela Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989, também chamada de “lei dos agrotóxicos”. Fica determinado por essa lei que é necessário registro em órgãos federais competentes na área da saúde, do meio ambiente e da agricultura para que um agrotóxico possa ser utilizado. É importante destacar que a aprovação do registro de um agrotóxico, em teoria significa o reconhecimento e a garantia de que o produto, quando utilizado da maneira recomendada, além de ter eficiência agrônômica, esteja dentro dos limites de segurança aceitos para a saúde e o ambiente (Peres e Moreira, 2003). O decreto nº 4.074 de 4 de janeiro de 2002, define como órgãos competentes a Anvisa (Ministério da Saúde), o IBAMA (Ministério do Meio Ambiente) e a Secretaria de Defesa Agropecuária/MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), responsáveis, respectivamente, por avaliar os impactos à saúde, ao meio ambiente, e a eficiência agrônômica do produto (ANVISA, 2018).

De acordo com essa mesma legislação, as empresas interessadas no registro de determinada substância devem apresentar aos órgãos responsáveis os resultados de testes que avaliem os possíveis danos ambientais. A partir desses testes, recebem uma classificação que varia de I a IV: produtos altamente perigosos ao meio ambiente (Classe I); produtos muito perigosos ao meio ambiente (Classe II); produtos perigosos ao meio ambiente (Classe III); produtos pouco perigosos ao

meio ambiente (Classe IV), e produtos impeditivos de obtenção de registro (Peres e Moreira, 2003).

São classificadas também sob a perspectiva dos possíveis danos à saúde, obedecendo aos resultados de testes ou de estudos realizados em laboratórios, que tentam estabelecer a dosagem letal (DL). A DL₅₀ de um agrotóxico é a quantidade de substância necessária para matar 50% dos animais testados nas condições experimentais (Braibante e Zappe, 2012). Assim sendo, em julho de 2019, foi aprovado o novo marco regulatório para agrotóxicos que, além de tornar mais claros os critérios de avaliação e de classificação toxicológica dos produtos no Brasil, também estabelece mudanças importantes na rotulagem em relação a classificação anterior (ANVISA, 2019a). A nova classificação é apresentada na Tabela 1.

TABELA 1. Classificação toxicológica dos agrotóxicos de acordo com os efeitos à saúde humana.

Categoria toxicológica	Toxicidade	Cor da faixa no rótulo
1	Extremamente tóxico	Vermelha
2	Altamente tóxico	Vermelha
3	Moderadamente tóxico	Amarela
4	Pouco tóxico	Azul
5	Improvável de causar dano agudo	Azul
Sem classificação	Não classificado	Verde

FONTE: Adaptado de ANVISA, 2019a.

Os agrotóxicos podem ainda ser classificados de acordo com a praga que controlam. Desta forma, são classificados em inseticidas, fungicidas, acaricidas, herbicidas, desfolhantes, fumigantes, rodenticidas e raticidas, moluscocidas e nematocidas (Stoppelli e Magalhães, 2005), sendo os três primeiros os mais utilizados na produção do morango.

Os fungicidas são substâncias químicas capazes de prevenir a infecção dos tecidos das plantas vivas por fungos fitopatogênicos, podendo tanto inibir temporariamente a germinação ou o crescimento do fungo, chamados de “Fungistáticos”, como também, impedir a produção de esporos (Anti-esporulantes) (Garcia, 1999). Como exemplos de fungicidas podem ser citados azoxistrobina,

boscalida, cresoxim-metílico e piraclostrobina (do grupo químico estrobilurina), carbendazim (do grupo químico benzimidazol); difeconazol (do grupo químico triazol), procimidona (do grupo químico dicarboximida), ditiocarbamato (do grupo químico ditiocarbamatos), entre outros.

Os inseticidas e acaricidas, por sua vez, são substâncias que têm por finalidade o controle de insetos e de ácaros visando reduzir as populações de pragas e vetores de doenças a níveis que não causem problemas às pessoas e ao meio em que vivem, ou seja, abaixo do grau de dano econômico. Organofosforados, neonicotinóides, piretróides e avermectinas são alguns dos grupos químicos com propriedades inseticidas e acaricidas que são utilizados no morango (Brasil, 2020).

2.3 Resíduos de agrotóxicos em alimentos e programas de monitoramento

Nas últimas três décadas, as novas tecnologias laboratoriais, bem como o conhecimento científico avançaram muito. Isso permitiu que a qualidade dos alimentos disponíveis à população seja averiguada, trazendo certa segurança ao consumidor quanto a presença de resíduos nos alimentos em níveis seguros de agrotóxicos, ou seja, que não causem problemas de saúde (ANVISA, 2006).

No Brasil, uma das medidas adotadas para o monitoramento de resíduos de agrotóxicos em alimentos foi a criação do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos, o PARA, que foi iniciado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a Anvisa, em 2001, como um projeto. Atualmente, o programa que utiliza critérios e parâmetros de segurança e administração de riscos semelhantes aos utilizados na Europa e nos Estados Unidos, tem o intuito de avaliar e divulgar os resultados das análises como um indicador da ocorrência de resíduos de agrotóxicos em alimentos.

Até 2016 o programa estava presente nas 27 unidades da federação, utilizando para avaliação das amostras quatro Laboratórios Centrais de Saúde Pública (Lacen RS, MG, PR e GO) e um laboratório privado, contratado por licitação (ANVISA, 2018). No entanto, de acordo com o relatório mais recente, divulgado em dezembro de 2019, o laboratório estado do Paraná não consta entre os participantes do programa. Porém, foram incluídos os laboratórios do Instituto Adolfo Lutz (IAL/SP), Instituto Octávio Magalhães (IOM/FUNED/MG) e o

Laboratório Central de Saúde Pública Dr. Giovanni Cysneiros (Lacen/GO). De acordo com a mesma atualização, o programa PARA já realizou análises em mais de 35.000 amostras desde que foi criado em 2001 (ANVISA, 2019b).

O programa PARA classifica o resultado das amostras que analisa de acordo com o parâmetro de concentração Limite máximo de Resíduos (LMR). O LMR é a quantidade máxima de resíduos de um agrotóxico ou de uma droga veterinária oficialmente aceita no alimento de origem vegetal e/ou animal. Os limites são estabelecidos a partir dos estudos supervisionados de campo. O LMR corresponde também à menor dose necessária para que a substância tenha o efeito tecnológico esperado (ANVISA, 2019b).

Dessa forma, as amostras podem ser consideradas satisfatórias quando não apresentam resíduos de agrotóxicos ou apresentam resíduos abaixo do LMR ou do limite de detecção do método. Por outro lado, são consideradas insatisfatórias, quando apresentam resíduo de agrotóxico acima do LMR para a cultura, resíduo de agrotóxico não autorizado para a cultura ou ainda quando apresentam resíduo de produto de uso proibido. Uma mesma amostra pode apresentar uma combinação de inconformidades (ANVISA, 2019b).

Segundo dados da Anvisa (2019b), das 12.051 amostras coletadas no período entre 2013 e 2015, cerca de 1 % apresentaram risco agudo de intoxicação. Porém, é importante destacar que, no caso específico do morango, foram detectados 48 agrotóxicos diferentes dentre os 165 pesquisados. O carbendazim (92 amostras), a azoxistrobina (78 amostras) e o difenoconazol (60 amostras) foram os ingredientes ativos que apareceram com maior frequência nas amostras analisadas.

Das 157 amostras analisadas, 41 apresentaram resíduos acima do LMR e no total, 110 amostras apresentaram resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura do morango. Foram detectados na situação de ingredientes ativos não autorizados para a cultura do morango, substâncias do grupo dos ditiocarbamatos, fempiroximato e tiametoxam, pimimetanil, tebuconazol, iprodiona, azoxistrobina e carbendazim.

2.4 Boas Práticas Agrícolas (BPA)

O termo Boas Práticas (BP) é amplamente utilizado em diversos contextos, e na agricultura se faz presente, com o termo Boas Práticas Agrícolas (BPA)

(Lockie, 1998). O Manual de “Boas Práticas Agrícolas para a Agricultura Familiar” (Izquierdo; Fazzone; Duran, 2007), define que as BPA são:

[...] um conjunto de princípios, normas e recomendações técnicas aplicadas para a produção, processamento e transporte, orientadas a cuidar da saúde humana, proteger ao meio ambiente e melhorar as condições dos trabalhadores e sua família (Izquierdo; Fazzone; Duran, 2007).

Nesse sentido, a qualidade final dos produtos oriundos da produção agrícola está diretamente ligada ao cumprimento das BPA durante o processo de produção, que deve ter como objetivo final a oferta de alimento seguro: livre de contaminantes químicos (Cruz, Cenci e Maia, 2006). O cumprimento das BPA beneficia tanto consumidores, que serão servidos com alimentos de qualidade garantida, como agricultores, que agregarão valor a seus produtos (Prado, 2014).

No caso do morango, a obtenção de um fruto com os atributos de qualidade exigidos pelo mercado consumidor, há a necessidade de um conjunto de boas práticas, seja na fase de produção de colheita, seja na de pós-colheita. Dessa forma, é justamente a adoção de BPA nessas etapas que possibilita a obtenção de um alimento saudável, dentro das exigências do mercado consumidor, o que contribui para a ampliação do seu consumo (Balbino *et al.*, 2016).

Boa parte dos produtores de morangos lança mão dos agrotóxicos para diminuir os impactos de fatores do meio ambiente, como clima, pragas e doenças. Nesse sentido, as recomendações a respeito das BPA, mais especificamente quanto à correta aplicação, devem estar descritas no rótulo do produto agrotóxico a ser aplicado, que em primeiro lugar deve ter seu uso permitido para a cultura em questão. No rótulo deve constar a recomendação do cumprimento do prazo de carência – data entre a aplicação de agrotóxicos e o período de colheita do produto – bem como a dose, frequência e intervalo de aplicação do produto. Irregularidades como o uso inadequado de um agrotóxico no campo pode resultar na presença de resíduos nos alimentos acima do LMR (Pires, 2013).

2.5 Análise de Risco (AR)

As BPA existem e o seu cumprimento é altamente recomendado, entretanto, conforme descrito nas seções anteriores, constantemente são encontrados

resíduos de agrotóxicos acima do LMR ou resíduos de produtos não autorizados para o uso em morango. Este fato faz com que processos capazes de quantificar quais os riscos envolvidos no consumo destes alimentos, sejam desenvolvidos.

A AR é uma ferramenta que vem sendo aplicada aos alimentos desde as décadas de 60 e de 70 nos Estados Unidos. Porém, os avanços nos processos de análise de riscos em alimentos ocorreram através da criação do *Codex Alimentarius*, organismo criado pela OMS (Organização Mundial de Saúde) e pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação). Entre os objetivos do *Codex* está o estabelecimento de normas internacionais na área de alimentos, incluindo padrões, diretrizes e guias sobre Boas Práticas e de Avaliação de Segurança e Eficácia (Dias, 2006; ANVISA, 2016).

A AR é uma ferramenta que possibilita organizar as informações à disposição sobre um determinado assunto e transformá-las em probabilidades, auxiliando no processo de criação de regras para tomada de decisões (Corbellini e Costa, 2015). A AR consiste em um método sistemático e altamente estruturado, que toma como base avaliações científicas, opiniões de especialistas de governos, das indústrias, das universidades e da comunidade em geral, de modo que a tomada de decisões seja a mais correta possível (FAO, 2006). A AR tem por objetivo final permitir a avaliação dos possíveis riscos presentes nos alimentos, de modo a fornecer bases científicas para o estabelecimento ou não de medidas de controle (Tondo e Bartz, 2014).

Para tanto, a AR é dividida em três componentes que interagem entre si: o gerenciamento do risco, a avaliação de risco e a comunicação do risco. O gerenciamento do risco é o processo que leva em conta os interesses de todas as partes envolvidas no problema de segurança dos alimentos em questão, garantido que o problema seja abordado de forma integral e a tomada de decisões seja a mais correta possível (FAO, 2006).

Já a avaliação de risco é o componente científico central da AR. É a caracterização qualitativa e/ou quantitativa da estimativa do potencial efeito adverso à saúde, associado à exposição de indivíduos ou de uma população a um perigo. Foi desenvolvida com o objetivo de suprir a necessidade de informações científicas para tomadas de decisão que visam a proteção da saúde (OPAS/OMS, 2008).

Por fim, a comunicação do risco é um processo de troca das informações levantadas entre todos os envolvidos sobre as ameaças à saúde, à segurança ou ao meio ambiente. Tem o intuito de ampliar o conhecimento sobre a origem e os reflexos dos riscos e promover o trabalho colaborativo em busca das soluções (FAO e WHO, 2005).

2.5.1 Avaliação de Risco (AvR)

A AvR é a principal constituinte da AR, pois fornece o respaldo científico para a tomada das decisões do gerenciamento do risco de tal modo que as medidas visando a proteção da saúde humana, que possam se fazer necessárias, sejam as mais assertivas possíveis. Além de levar em consideração todos os dados científicos relevantes, identifica qualquer incerteza na base de conhecimento (PISQ, 2011). A Avaliação de Risco é definida como uma análise sistematizada da probabilidade de aparecimento de efeitos adversos resultantes da exposição humana a agrotóxicos ou afins (ANVISA, 2019b).

O objetivo principal da AvR é municiar os gestores de risco com informações científicas que permitam a compreensão da natureza e da extensão do risco em segurança dos alimentos e o planejamento de ações de mitigação, controle ou de prevenção quando necessário (OPAS, 2008). Os resultados obtidos na avaliação de risco podem ser expressos de forma qualitativa ou quantitativa e com vários formatos intermediários. Nas avaliações de risco quantitativas os resultados são expressos em forma numérica e podem incluir uma descrição numérica da incerteza (D'Ávila, 2015).

Em âmbito internacional, os processos de avaliação de risco são desenvolvidos pelos comitês científicos da OMS e da FAO, para subsidiar o estabelecimento de padrões alimentares pelo *Codex Alimentarius*. É de responsabilidade do JECFA (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*) avaliar as questões relativas a aditivos alimentares, contaminantes e drogas veterinárias e do JMPR (*Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues*) aquelas relacionadas a resíduos de pesticidas. No Brasil, é a ANVISA a responsável pela condução dos trâmites para o registro de aditivos, pesticidas e drogas veterinárias e pela execução de avaliação do risco da exposição humana a essas substâncias e aos contaminantes em alimentos (Jardim e Caldas, 2009).

De acordo com o *Codex Alimentarius*, a avaliação de risco é constituída por quatro etapas: a identificação do perigo, a caracterização do perigo, a avaliação da exposição e a caracterização do risco. Após a identificação do perigo, a ordem das demais etapas é definida de acordo com as hipóteses e com os dados obtidos, sendo possível repetir alguma etapa, se necessário, fazendo com que esse não seja um modelo fixo, podendo ser adaptado conforme as demandas do processo (FAO & WHO, 2005).

2.5.2 Avaliação de risco quantitativo para perigos químicos

São classificados como perigos químicos em alimentos os resíduos de agrotóxicos, resíduos de medicamentos de uso veterinário e resíduos químicos provenientes da manutenção de equipamentos, além de metais pesados presentes naturalmente no ambiente e resíduos advindos da migração de componentes químicos presentes nos locais da armazenagem como contêineres, material das embalagens e nos utensílios (OPAS/OMS, 2008). São considerados ainda como perigo químico os aditivos em alimentos, que são substâncias adicionadas aos mesmos com objetivos tecnológicos definidos, como manter as características químicas, físicas e biológicas dos alimentos processados ou imprimir outras características como sabor, cor ou textura (Jardim, 2012).

Via de regra, os efeitos nocivos de substâncias químicas são avaliados em exposições a longo prazo. No caso de perigos como micotoxinas, toxinas marinhas, agrotóxicos e medicamentos de uso veterinário, é necessário considerar tanto os efeitos agudos como os efeitos crônicos (OPAS/OMS, 2008).

2.5.3 Identificação do perigo

A etapa de identificação do perigo tem por objetivo identificar os potenciais efeitos adversos à saúde humana decorrentes da exposição a uma substância química. Para tanto, fontes de informações como testes *in vitro*, estudos com animais de laboratório e estudos com seres humanos podem ser utilizadas (WHO, 1995).

Em situações emergenciais, ou seja, quando não existem dados toxicológicos adequados disponíveis para a substância, ou quando o nível de exposição humana é muito baixo, podem ser utilizadas ainda, conforme Jardim

(2012), informações relativas à relação estrutura molecular e atividade (*Structure-Activity Relationship* – SAR). A SAR parte do pressuposto de que a atividade biológica da substância tem relação com a sua estrutura química e com a presença de grupos funcionais específicos, tornando-se útil na predição de sua atividade com base nos dados disponíveis para compostos estruturalmente semelhantes ou relacionados (Edler *et al.*, 2002).

Apesar disso, estudos com animais de laboratório ainda são as principais fontes de informação para identificar e caracterizar o dano causado ao ser humano por substâncias químicas presentes em alimentos (D'Ávila, 2015). Por sua vez, o uso de dados de estudos em humanos tem um valor importante, considerando que reduzem as incertezas que possam ter sido encontradas nos experimentos com animais (Jardim, 2012).

Um problema dessa etapa da avaliação de risco está relacionado com a base de dados na literatura sobre os efeitos em seres humanos e em animais de laboratório e sobre mecanismos biológicos básicos de toxicidade, que pode ser maior para algumas substâncias, enquanto que para outras podem existir poucos estudos. Além disso, é importante ter em mente que, na prática, os perigos aos quais as pessoas estão expostas são múltiplos, uma vez que há a interação entre diferentes agentes químicos, mas a maioria dos estudos de identificação de perigo analisam os efeitos dos compostos químicos isoladamente, sem considerar os seus efeitos sinérgicos (Souza, 2003).

2.5.4 Caracterização do perigo

A caracterização do perigo é a etapa responsável por avaliar a relação entre a dose da substância química e a gravidade do efeito adverso (dose-resposta) e, a partir dela, calculados os valores de referência de toxicidade (OPAS/OMS, 2008). Segundo Haas, Rose e Gerba (2014), na maioria dos casos, a relação de dose-resposta é obtida através de experimentos com animais (espécies mais sensíveis a substância em estudo), onde as doses de exposição podem ser bem controladas.

Esses experimentos normalmente são conduzidos ao longo do processo de obtenção do registro de uma substância para uso agrícola. A obtenção desse registro depende do cumprimento das normas estabelecidas pelo órgão regulador responsável pelo processo. O órgão regulador exige que sejam determinados os valores de referência da toxicidade da substância. Os valores de referência da

toxicidade são limites máximos de exposição a uma substância em que é suposto que não ocorra efeito adverso (OPAS/OMS, 2008).

De acordo com Jardim e Caldas (2009), nessa etapa do processo, e, conseqüentemente, na posterior caracterização do risco são adotadas estratégias diferentes quando os efeitos adversos possuem limiar de dose ou não. As substâncias com limiar de dose para efeito adverso são as substâncias em que nenhuma resposta biológica será evidente abaixo de uma dose específica (Dybing *et al.*, 2002). Por sua vez, as substâncias sem limiar de dose para efeito adverso, ou seja, substâncias cuja exposição a uma única molécula pode levar a uma alteração genética são consideradas carcinogênicas e genotóxicas (EPA, 1996).

Nessa etapa são estabelecidos os parâmetros NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) e LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*) sendo o primeiro referente à dose que não causou efeito adverso nos animais testados e o segundo, à menor dose na qual o efeito adverso foi observado. Estes parâmetros, por sua vez, são utilizados no cálculo para definição dos parâmetros seguros de ingestão crônica e aguda ao homem. Esses parâmetros são calculados dividindo-se o NOAEL ou o LOAEL por um fator de segurança 100. Este fator de segurança considera que a população humana seja 10 vezes mais sensível ao agente do que a espécie utilizada nos testes e, que dentro da população humana, possam existir indivíduos 10 vezes mais sensíveis do que a média da população.

Podem ser utilizados fatores de segurança maiores ou menores do que 100 na medida em que as características da população em estudo estejam definidas (Jardim e Caldas, 2009).

Outro parâmetro de segurança obtido nessa etapa é o IDA (Ingestão Diária Aceitável). Também denominado como um parâmetro de ingestão crônica, o IDA é o parâmetro mais utilizado para aditivos alimentares, drogas veterinárias e agrotóxicos. Substâncias cuja concentração nos alimentos pode ser controlada pelas autoridades reguladoras (Herrman e Younes, 1999). O IDA representa a quantidade estimada de substância presente nos alimentos que pode ser ingerida diariamente ao longo da vida sem oferecer risco apreciável à saúde do consumidor. Entende-se risco apreciável como a quase segurança de que não se produzirão lesões, com base em toda a informação conhecida até o momento. O IDA é expresso em miligrama de substância por quilograma de peso corporal (mg kg^{-1} p.c.) (ANVISA, 2019b).

Como parâmetro de ingestão crônica, existe ainda a ingestão diária tolerável máxima provisória (*Provisional Maximum Tolerable Daily Intake* - PMTDI) e a ingestão tolerável semanal provisória (*Provisional Tolerable Weekly Intake* - PTWI). Estes parâmetros podem ser utilizados para controle e determinação de contaminantes em alimentos (Herrman e Younes, 1999). Como parâmetro de ingestão aguda, é determinada a Dose de Referência Aguda (*Acute Reference Dose* - ARfD). A Dose de Referência Aguda é o parâmetro que indica a quantidade de uma substância presente no alimento e/ou água que pode ser ingerida num período de 24 horas ou menos sem que haja apreciável risco para a saúde do consumidor (Solecki *et al.*, 2005).

2.5.5 Avaliação da exposição

A avaliação da exposição é a etapa onde são descritos os padrões de exposição da população em estudo ao agente químico e calculada a ingestão total. Através da avaliação da exposição é possível estimar a magnitude, frequência, duração e rotas de exposição. A avaliação da exposição descreve o tamanho e a natureza das populações expostas, bem como a dose absorvida pelo organismo em um determinado período de tempo (OPAS/OMS, 2008).

Para a estimativa da exposição humana aos agentes químicos presentes nos alimentos três dados são primordiais e indispensáveis: a concentração da substância no alimento (mg kg^{-1}), o consumo do alimento (kg) e o peso corporal individual ou da população em estudo (kg) (Jardim e Caldas, 2009). Devem ser levadas em consideração, quando disponíveis, informações sobre a presença de resíduo de agrotóxicos presentes na água potável (WHO, 1997).

Os dados necessários para estimativa da exposição dependem dos propósitos da avaliação do risco. Isso quer dizer qual o nível de precisão e detalhamento a estimativa precisa ter e se a exposição a ser avaliada é crônica ou aguda (Kroes *et al.*, 2002). Além disso, a avaliação da exposição pode ser direcionada à população em geral ou a grupos de risco como, por exemplo, crianças, gestantes e idosos (Petersen e Barraji, 1996).

A ingestão diária de um resíduo químico é calculada considerando o somatório da ingestão pelo consumo de todos os alimentos da dieta da população em estudo, conforme a Equação 1 (Jardim e Caldas, 2009):

$$Ingest\tilde{a}o = \frac{\sum(R_i \times C_i)}{Peso\ corp\acute{o}reo}$$

(1)

Sendo:

R_i é valor da concentração do resíduo no alimento i ($mg\ kg^{-1}$);

C_i é o consumo diário, em kg do alimento i pela população em estudo.

O valor da ingestão é dado em mg do resíduo por kg de peso corporal ($mg\ kg^{-1}$ peso corporal).

A concentração de uma substância química em um alimento pode ser afetada por uma série de fatores que vão desde a escolha do método analítico utilizado, o parâmetro de concentração utilizado e também a forma como o alimento é processado antes do consumo. Esses fatores deixam claro que a utilização de limites legais estabelecidos ou parâmetros de concentração da substância podem ser limitantes no estabelecimento de uma avaliação da exposição mais precisa, uma vez que refletem os valores encontrados nos alimentos como comercializados e não como consumidos. Sendo assim, é de suma importância que a fonte de dados de concentração forneça valores confiáveis, de modo que as incertezas sejam as menores possíveis (Jardim e Caldas, 2009).

Em relação aos dados de consumo de alimentos, esses podem ser obtidos através de dados de suprimento de alimentos, de disponibilidade de alimento no domicílio, de consumo individual e de dieta duplicada. Os dados de consumo individual são fonte ideal para esse tipo de estimativa. Entre as metodologias utilizadas para levantamento desse tipo de dados está o Questionário de Frequência Alimentar (QFA), que é composto por uma listagem de alimentos com o objetivo de obter a frequência de consumo dos mesmos (Jardim e Caldas, 2009; Kroes *et al.*, 2002).

2.5.5.1 Modelos probabilístico e determinístico

A partir deste ponto da AvR, são utilizados, de forma geral, os modelos probabilístico e determinístico. A escolha de um ou outro modelo depende dos objetivos do estudo, dos dados à disposição e da precisão dos resultados que se almeja.

O modelo determinístico, que apresenta como vantagem a simplicidade e consequente rapidez nos cálculos, utiliza valores fixos e pontuais de concentração e consumo, como a média, mediana ou 97,5 percentil. Porém, esse modelo presume que o peso de todos os indivíduos da população seja aproximadamente o mesmo e que consumem a mesma quantidade de um alimento que contém sempre a mesma concentração da substância pesquisada (Jardim e Caldas, 2009).

Por outro lado, o modelo probabilístico é capaz de integrar variáveis de consumo/peso corporal e concentração, permitindo, desta forma, a caracterização da incerteza (EPA, 2001). Nesse modelo, valores aleatórios podem ser retirados, bem como novas variáveis podem ser inseridas, com a utilização de modelos matemáticos adequados, que utilizam principalmente técnicas probabilísticas de Monte Carlo.

2.5.6 Caracterização do risco

A caracterização do risco é o processo de combinação das informações levantadas nas etapas anteriores e tem o objetivo de determinar a probabilidade de ocorrência dos efeitos adversos de um ingrediente ativo do agrotóxico, de seus metabólitos e de seus produtos de degradação, em um indivíduo ou população, sob condições específicas de exposição (ANVISA, 2019b). As conclusões obtidas nessa etapa devem incluir e descrever as limitações da avaliação, as incertezas que surgiram no decorrer do processo e a variabilidade dos elementos, dando condições para que o gestor do risco possa avaliar a confiabilidade do estudo (OPAS/OMS, 2008).

As metodologias utilizadas para caracterizar o risco devem ser adaptadas de acordo com as características toxicológicas da substância, isto é, se ela necessita de um limiar de dose no organismo para exercer sua ação tóxica (substâncias não genotóxicas) ou não necessita deste limiar (substâncias carcinogênicas e genotóxicas) (Jardim e Caldas, 2009). Caso a substância necessite de um limiar de dose no organismo para exercer sua ação tóxica (substâncias não genotóxicas), a caracterização do risco é realizada pela comparação da IDA com a exposição estimada ou medida (Equação 2) (WHO, 1995; OPAS/OMS, 2008).

$$\%IDA = \frac{Ingestão}{IDA} \times 100$$

(2)

Onde:

Ingestão é o valor calculado na Equação 1, expresso em mg kg^{-1} de peso corporal; e

IDA é a Ingestão Diária Aceitável, parâmetro toxicológico de referência.

O risco pode ser expresso em porcentagem do parâmetro toxicológico, como exemplo a IDA, numa exposição crônica. Nesse caso, o risco pode existir quando a porcentagem ultrapassa 100. Para a exposição aguda aos pesticidas, a ingestão é comparada à ARfD e da mesma forma o risco pode existir quando a porcentagem ultrapassa 100% da ARfD (Jardim e Caldas, 2009). No entanto, para caracterização e estimativa do risco podem ser utilizados diversos métodos baseados em diferentes modelos. O método ou simulação de Monte Carlo vem sendo utilizado cada vez mais no contexto da segurança dos alimentos.

O método de Monte Carlo pode ser definido como um método computacional utilizado para gerar distribuições de probabilidades de uma variável dependente de outras variáveis que também são representadas por distribuições probabilísticas (Poulter, 1998). Assim sendo, o valor médio provável de uma variável de interesse (abordagem determinística) é substituído por uma distribuição de valores dentro de uma faixa determinada por um conjunto de dados a partir do qual ela foi gerada (Melo, 2010).

Deste modo, a simulação de Monte Carlo pode ser utilizada para a caracterização do possível risco químico inerente à produção de alimentos nos moldes atuais, que ainda tem a utilização de agrotóxicos como a principal forma de proteger os cultivos do ataque de pragas e doenças. Para tanto, faz-se necessária a construção de modelos adequados para este contexto cujo objetivo principal está em estimar o comportamento de uma variável de resultado (que no caso do presente trabalho consiste no risco de intoxicação pela ingestão de resíduos de agrotóxicos pelo consumo de morangos), que depende de outras variáveis aleatórias.

2.6 Referências

ANDRIOLO, J. L. *et al.* Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 684-690, 2009.

ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, Carlos. Fragole, i produttori brasiliani mirano all'exportazione in Europa. **Frutticoltura**, Bologna, v. 69, p. 60-65, 2007.

ANTUNES, L. E. C.; PERES, N. Strawberry production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, London, v. 13, n. 1, p. 156-161, 2013.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, Sandro; REISSER JUNIOR, Carlos. Morango: crescimento constante em área e produção. **Anuário HF 2020: Campo & Negócios**, Uberlândia, ano 2020, v. 37, p. 88-92, maio 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos**. Brasília, DF, jul. 2019a. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/anvisa-aprova-novo-marco-regulatorio-para-agrotoxicos/219201. Acesso em: 8 out. 2019.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/programa-de-analise-de-registro-de-agrotoxicos-para>. Acesso em: 21 set. 2018.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA): relatório das amostras analisadas no período de 2017-2018: primeiro ciclo do plano plurianual 2017-2020**. Brasília, DF, 2019b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+%E2%80%93+PARA+2017-2018_Final.pdf/e1d0c988-1e69-4054-9a31-70355109acc9. Acesso em: 11 dez. 2019.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resíduos de agrotóxicos em alimentos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 361-363, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rsp/v40n2/28547.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2020.

BALBINO, José Mauro de Souza *et al.* **Boas práticas de colheita e de pós-colheita: qualidade aproveitamento do morango**. Vitória: Incaper, 2016. 23 p. (Incaper. Documentos, 241). Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2083/1/BRT-boaspraticasmorango-Incaper.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

BANDEIRA, A. L. Pequenas frutas atraem consumidor brasileiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 3, maio/jun. 2012.

BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes; ZAPPE, Janessa Aline. A química dos agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_1/03-QS-02-11.pdf. Acesso em: 30 set. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relatório consolidado de ingredientes ativos**. [Banco de dados AGROFIT]. Brasília, DF, 2020. Disponível em: http://bi.agricultura.gov.br/reports/rwservlet?agrofit_cons&ingredientes_consolidado.o.rdf&p_id_ingrediente_ativo=&p_nm_comum_port=&p_id_grupo_quimico=&p_id_classe=&p_id_cultura=580&p_tipo_relatorio=CONSOLIDADO¶mform=no. Acesso em: 4 fev. 2020.

CORBELLINI, Luís Gustavo; COSTA, Eduardo de Freitas. Análise de risco microbiológica. In: KICH, J. D.; SOUZA, J. C. P. V. B. (ed.). **Salmonela na suinocultura brasileira: do problema ao controle**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 158-186.

CRUZ, A. G.; CENCI, S. A.; MAIA, M. C. A. Good agricultural practices in a Brazilian produce plant. **Food Control**, Kidlington, v. 17, n. 10, p. 781-788, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713505001210?via%3Dihub>. Acesso em: 12 dez. 2019.

D'ÁVILA, Eliany Aparecida Oliveira. **Risco crônico de intoxicação por ingestão de resíduos de produtos fitossanitários pela população do estado do Espírito Santo**. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9533/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 jan. 2020.

DIAS, M. Análise dos riscos na cadeia alimentar – Evolução europeia e nacional. **Segurança e Qualidade Alimentar**, Lisboa, n 1, p. 16, 2006.

DYBING, E. *et al.* Hazard characterisation of chemicals in food and diet: dose response, mechanisms and extrapolation issues. **Food and Chemical Toxicology**, New York, v. 40, n. 2/3, p. 237-282, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(01\)00115-6](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(01)00115-6). Acesso em: 5 jan. 2020.

EDLER, L. *et al.* Mathematical modelling and quantitative methods. **Food and Chemical Toxicology**, New York, v. 40, n. 2/3, p. 283-326, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(01\)00116-8](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(01)00116-8). Acesso em: 20 dez. 2019.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendação da utilização do sistema de produção fora de solo para morangueiro**. Pelotas: EMBRAPA, 2019. (Circular Técnica, 203). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206539/1/CIRCULAR-203.pdf>. Acesso em: 30 set. 2020.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Proposed guidelines for carcinogen risk assessment**. Washington, DC: EPA, Apr. 1996. (EPA/600/P-92/003C.). Disponível em: https://archive.epa.gov/raf/web/pdf/propcra_1996.pdf. Acesso em: 21 dez. 2019.

FAO; WHO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety risk analysis. Part 1. An overview and framework manual**: provisional edition. Rome: FAO, 2005. Disponível em: http://www.fsc.go.jp/sonota/foodsafety_riskanalysis.pdf. Acesso em: 31 dez. 2019.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Área colhida, produtividade e produção mundial entre os anos 2000 e 2019**. [Base de Dados FAOSTAT]. Rome, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 29 set. 2020.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food safety risk analysis: a guide for national food safety authorities**. Rome: FAO, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/a0822e/a0822e.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018.

FARIA, V. H. F. *et al.* Avaliação de resíduos de agrotóxicos em polpas de Morango industrializadas. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 19, p. 49-56, jan./dez. 2009.

FREITAS, J. A. *et al.* Produtores de morango no município de Bom Repouso relatam *Tetranychus urticae* Koch como principal problema da cultura. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA, 3., 2011, Campinas. **Resumos**. São Paulo: Instituto Biológico; Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2011. p. 1.

GARCIA, A. **Fungicidas I**: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999. 32 p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Documentos, 46).

GINDRI, D. M. *et al.* Resíduos de agrotóxicos nos alimentos vegetais: ações do estado de Santa Catarina na mitigação, monitoramento e rastreabilidade. *In*: SCREMIN, V. T. K. **Tópicos em nutrição e tecnologia de alimentos**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2019. p. 115-126.

HAAS, Charles N.; ROSE, Joan B.; GERBA, Charles P. **Quantitative microbial risk assessment**. 2nd ed. Hoboken: Wiley Blackwell, 2014. 427 p.

HERRMAN, J. L.; YOUNES, M. Background to the ADI/TDI/PTWI. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Orlando, v. 30, n. 2, p. 109-113, Oct. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1006/rtph.1999.1335>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273230099913351?via%3Dihub>. Acesso em: 11 dez. 2019.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Histórico de comercialização 2000-2018:** consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto 4.074/2002. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/2018/Historico_2000_2018.xls. Acesso em: 20 dez. 2019.

IZQUIERDO, J.; FAZZONE, M. R.; DURAN, M. **Manual “Boas práticas agrícolas para agricultura familiar”**. Colômbia: FAO, 2007. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/62325823/Man>. Acesso em: 2 nov. 2020.

JARDIM, Andreia Nunes Oliveira. **Resíduos de pesticidas em alimento:** validação de metodologia analítica, análise em frutas e avaliação da exposição da população brasileira pelo método probabilístico. 2012. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/12067>. Acesso em: 20 ago. 2019.

JARDIM, Andréia Nunes Oliveira; CALDAS, Eloisa Dutra. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1898-1909, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000700036&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 out. 2019.

KIRSCHBAUM, D. S. *et al.* Strawberry in South America: from the Caribbean to Patagonia. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 1156, p. 947-956, 2017. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.140. Disponível em: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.140>. Acesso em: 9 mar. 2021.

KROES, R. D. *et al.* Threshold of toxicological concern for chemical substances present in the diet: a practical tool for assessing the need for toxicity testing. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 38, n. 2/3, p. 255-312, 2002.

LIETEN, F. *et al.* Recent situation of strawberry substrate culture in Europe. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 649, p.193-196, 2004.

LIMA, M. A.; CALEGARIO, F. F. Morango: produção segura. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, ano 9, n. 65, p. 24-25, 2011.

LOCKIE, S. Environmental and social riskx, and the construction of “best practice” in Australian Agriculture. **Agriculture and Human Values**, Dordrecht, v. 15, n. 3, p. 243-252, Sept. 1998.

LUNATI, F. Le fragole italiane in cerca di un posto al solo. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, v. 68, n. 4, p. 9-10, 2006.

MELO, T. M. **Soluções analíticas para transporte de hidrocarbonetos de petróleo em água subterrânea:** avaliação determinística e probabilística do risco à saúde humana. 2010. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-

Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26914/000760227.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 jan. 2020.

OLIVEIRA, Jorge do Vale Oliveira, TOLEDO, Maria Cecília de Figueiredo. Resíduos de agrotóxicos em morangos. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 5, p. 95-110, 1995.

OPAS; OMS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Perspectiva sobre a análise de risco na segurança dos alimentos**: curso de sensibilização. Rio de Janeiro: Área de Vigilância Sanitária, Prevenção e Controle de Doenças - OPAS/OMS, 2008.

OSHITA, Daniele, JARDIM, Isabel Cristina Sales Fontes. Morango monitorado por cromatografia líquida moderna. **Scientia Chromatographic**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 52-76, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/sc.2012.005>. Acesso em: 12 jan. 2020.

PAGOT, E. *et al.* Preparo da área para plantio. *In*: EMBRAPA. **Sistema de produção de morango para mesa na região da serra gaúcha e encosta superior do nordeste**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Sistema de Produção, 6). Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/MesaSerraGaucha/index.htm>. Acesso em: 20 dez. 2019.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. (org.). **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente** [online]. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. 384 p. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/sg3mt/pdf/peres-9788575413173.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

PETERSEN, B. J.; BARRAJ, L. M. Assessing the intake of contaminants and nutrients: an overview of methods. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 9, n. 3, p. 243-254, 1996. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157596900307>. Acesso em: 20 dez. 2019.

PIRES, M. V. **Desenvolvimento e emprego de um banco de dados para a condução de estudos de avaliação do risco da exposição crônica a resíduos de agrotóxicos na dieta**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Toxicologia Aplicada à Vigilância Sanitária, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

PISQ - PROGRAMA INTERNACIONAL DE SEGURANÇA QUÍMICA. **Princípios e métodos para a avaliação do risco de substâncias químicas nos alimentos**. [Geneva]: PISQ, 2011. (Critérios de Saúde Ambiental, 240). Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44065/WHO_EHC_240_15_summary_por.pdf;jsessionid=D46BCC06A5AEAFE6338232980ADAA13A?sequence=155. Acesso em: 29 dez. 2019.

POULTER, S. R. Monte Carlo simulation in environmental risk assessment - science, policy and legal issues. **Risk: Health, Safety & Environment**, Concord, v. 7, p. 7-26, 1998.

PRADO, Agda Silva. **Boas práticas agrícolas e certificação na cafeicultura**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em:
http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6437/Dissertacao_Agda%20Silva%20Prado.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 2 mar. 2021.

RONQUE, Edson Roberto Vaz *et al.* Viabilidade da cultura do morangueiro no Paraná - BR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1032-1041, dez. 2013. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452013000400014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 jun. 2019.

SILVA, Nélida Duarte Barbosa. **As externalidades negativas do uso de agrotóxicos e a qualidade de vida no trabalho: o caso dos produtores de morango do Assentamento Betinho – DF**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017. Disponível em:
https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/23962/1/2017_N%c3%a9lidaDuarteBarbosaSilva.pdf. Acesso em: 30 set. 2020.

SILVEIRA, Georgeton Soares Ribeiro; GUIMARÃES, Bernardino Cangussu. Aspectos sociais e econômicos da cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 279, p. 7-10, mar./abr. 2014.

SOLECKI, R. *et al.* Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 43, p. 1569-1593, 2005.

SOUZA, J. A. P. **O gerenciamento de riscos na cidade dos meninos: um sítio contaminado por pesticidas organoclorados, no Estado do Rio de Janeiro**. 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2003.

SPECHT, S.; BLUME, R. A. Competitividade da cadeia do morango no Rio Grande do Sul. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, Porto Velho, v. 3, n. 1, p. 35-59, 2011.

STOPPELLI, Illona Maria de Brito Sá; MAGALHÃES, Cláudio Picanço. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 10, p. 91-100, 2005. Disponível em:
<https://www.scielosp.org/pdf/csc/2005.v10suppl0/91-100/pt>. Acesso em: 30 set. 2020.

TONDO, E. C.; BARTZ, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos**. Porto Alegre: Sulina, 2014.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Application of risk analysis to food standards issues**. Geneva: WHO, 1995. 38 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for predicting dietary intake of pesticides residues**: (revised). Geneva: WHO, 1997.

ZIRENA VILCA, Franz *et al.* Análise de resíduos de agrotóxicos organoclorados em morango usando o método QuEChERS com CG- μ ECD. **Revista de Investigaciones Altoandinas**, Puno, v. 19, n. 1, p. 5-10, mar. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.250>. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572017000100001&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 30 set. 2020.

3 CAPÍTULO 1

**Perfil de consumidores e consumo de morango através de um questionário
*online***

RESUMO

A recorrente presença do morango entre os alimentos com resíduos de agrotóxicos pode ter impactos nos hábitos de consumo desse alimento. Dados de consumo de morango são de suma importância para construção de modelos de avaliação de risco, ferramenta que pode ser utilizada para estimar os riscos envolvidos no consumo de alimentos com resíduos de agrotóxicos. Assim, o objetivo do presente estudo foi caracterizar o perfil de consumo de morango, através de um questionário *online*, identificando, principalmente, a frequência de consumo e a quantidade consumida. O questionário foi composto por 16 perguntas de resposta aberta e fechada, sendo veiculado pela internet através de listas de e-mails dos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As perguntas avaliaram questões socioeconômicas, o perfil de compra, armazenagem e de consumo de morangos, bem como a frequência de consumo do fruto. Foram obtidas 936 respostas das quais 628 (67%) foram de mulheres e 308 (33%) de homens, com idade entre 21 e 39 anos (72%), residentes em área urbana (91%) e com ensino superior completo (64%). Foi constatado que a maioria das pessoas que responderam o questionário consomem morangos menos de uma vez ao mês (64%) e quando o consomem optam pelo fruto *in natura* (44%), fazendo algum tipo de higienização antes do consumo (92%) e consumindo entre 51 e 100 g por refeição. Dos respondentes, 88% disseram que armazenam os morangos na geladeira por no máximo 5 dias (77%) e os que disseram que não consomem morangos (5%) não o fazem em função do preço do produto (58%) ou por medo de intoxicação por agrotóxicos (27%). Fica evidenciado, que a maior parte das pessoas entrevistadas segue as recomendações científicas de armazenagem e higienização antes de consumir os morangos e que a frequência de consumo de morangos é baixa.

ABSTRACT

The recurring presence of strawberries among foods containing pesticide residues can have an impact on the consumption habits of this food. Strawberry consumption data are extremely important for building risk assessment models, a tool that can be used to estimate the risks involved in consuming food with pesticide residues. Thus, the objective of this study was to characterize the profile of strawberry consumption, through an online questionnaire, identifying, mainly, the frequency of consumption and the amount consumed of strawberry. The questionnaire was composed by 16 questions with open and close answers, being available on the internet through the graduation and postgraduate courses e-mail list from the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). The questions analyzed socioeconomic issues, buying profile, storage and strawberry consumption as well as the frequency of the fruit consumption. It was obtained 936 answers which 628 (67%) were women and 308 (33%) were men, aged between 21 and 39 (72%), living in urban area (91%) and having completed higher education (64%). It was identified that the majority of people who answered the questionnaire consume strawberries less than once a month (64%) and when consuming opted for the *in natura* fruit (44%), doing some kind of sanitizing before consumption (92%) and consuming between 51 and 100 g each time. From the responders 88% said that store the strawberries in the fridge for maximum 5 days (77%) and those who said that do not consume strawberries (5%) do not consume them due to price

(58%) or for fear of pesticide poisoning (27%). It is evidenced that the majority of people interviewed follow the scientific recommendations of storage and sanitizing before consuming strawberries and that the frequency of strawberries consuming is low.

3.1 Introdução

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch) é uma hortaliça de alto valor comercial, com destinação tanto para a indústria como para o mercado *in natura*. O cultivo do morangueiro é uma atividade em expansão no Brasil, o que é atribuído ao grande retorno econômico gerado pela produção em pequenas áreas (Silveira e Guimarães, 2014). Essa cultura se apresenta como uma alternativa para os agricultores familiares que necessitam de alto rendimento por área e, sobretudo, é uma alternativa de diversificação na pequena propriedade, com vistas a maior segurança econômica e uso racional do trabalho (Ronque *et al.*, 2013).

O morango apresenta alta suscetibilidade ao ataque, principalmente, de fungos causadores de podridões, de vírus e de ácaros como é o caso do ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch). Por essa razão, essa cultura está sujeita à aplicação de agrotóxicos para o controle desses potenciais agentes patogênicos (Freitas *et al.*, 2011), resultando na possibilidade de presença de resíduos dessas substâncias nos frutos. Em função disso, o morango está constantemente entre os alimentos com o maior número de amostras em desconformidade com a legislação em relação aos resíduos de agrotóxicos, de acordo com o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

A recorrente presença do morango entre os alimentos com o maior número de amostras com resíduos de agrotóxicos, estimula o debate acerca dos riscos envolvidos no seu consumo. No entanto, somente os resultados de análises de resíduos de agrotóxicos não são suficientes para a formulação de uma estimativa precisa do risco. Para tanto, é necessário que sejam desenvolvidos modelos de Avaliação de Risco, etapa integrante da Análise de Risco, processo que tem por objetivo final possibilitar a avaliação dos possíveis riscos presentes nos alimentos, de modo a fornecer bases científicas para o estabelecimento ou não de medidas de controle (Tondo e Bartz, 2014).

A Avaliação de Risco é dividida nas etapas de identificação do perigo, caracterização do perigo, avaliação da exposição e caracterização do risco (FAO & WHO, 2000). Na etapa de avaliação da exposição, são levantados dados de consumo do alimento ou conjunto de alimentos sob análise, sendo os dados de consumo individual a fonte ideal para a formulação de estimativas de risco (Jardim e Caldas, 2009).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi levantar dados de consumo individual de morangos, identificando, em especial, a frequência de consumo e a quantidade consumida através de um questionário *online*.

3.2 Material e métodos

Trata-se de uma pesquisa descritiva que visou apontar os hábitos de consumo de morango de indivíduos pertencentes a comunidade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A ferramenta utilizada para coleta de dados de consumo de morango, foi um questionário estruturado composto de 16 questões de escolha única, múltipla e de resposta aberta (Apêndice I).

A divulgação do questionário ocorreu através de listas de e-mails dos cursos de graduação e dos programas de pós-graduação da UFRGS. O aplicativo de administração de pesquisas *Google Forms* foi utilizado para hospedagem do questionário e coleta das respostas.

As perguntas do questionário avaliaram questões socioeconômicas, o perfil de compra, armazenagem e consumo de morangos, bem como a frequência desse consumo. As questões socioeconômicas e demográficas (idade, gênero, escolaridade, tipo de moradia, número de habitantes da moradia e renda familiar) foram utilizadas para caracterização da amostra da população entrevistada.

As questões sobre o perfil de compra avaliaram se o entrevistado era o responsável pela compra de alimentos da residência e em qual local costuma fazer a compra de morangos. As perguntas a respeito dos hábitos de armazenagem foram para verificar as condições de temperatura e o tempo de armazenamento dos morangos na residência antes do consumo. Por fim, foi perguntado com qual frequência o entrevistado costuma consumir morangos, qual a quantidade que consome em cada refeição e de que forma o consumo ocorre (*in natura*, sobremesas, geleias, etc.).

O cálculo amostral foi realizado levando em consideração a totalidade da população do Estado do Rio Grande do Sul estimada em 11,37 milhões, em 2019 (IBGE, 2019). Estimou-se uma amostra com nível de confiança de 95% e erro máximo igual a 5%, tendo sido obtido, para tamanho ideal, o total de 385 indivíduos como requisito estatístico de validade do estudo.

A coleta de dados ocorreu no período de maio a dezembro de 2019 e participaram da pesquisa 936 indivíduos, que responderam às perguntas do questionário *online* pela internet. Após coletadas, as informações foram tabuladas e sistematizadas em planilha eletrônica para apresentação em gráficos e tabelas. Além disso, foram utilizadas estatísticas descritivas para sumarização das informações nos programas Microsoft Excel® (2013) e R (versão 4.3.0). A apresentação dos dados incluiu análises descritivas de frequências absolutas e relativas.

3.3 Resultados e Discussão

As informações sobre as características socioeconômicas e demográficas dos respondentes são apresentadas na Tabela 1. O sexo feminino foi predominante entre os respondentes (67%), estando a maior parte na faixa etária entre 21 e 39 anos (73%), com renda familiar entre 2 e 5 salários mínimos (39%), tendo a maioria, ensino superior incompleto e residindo em área urbana.

TABELA 1. Distribuição dos dados socioeconômicos e demográficos dos respondentes do questionário sobre hábitos de consumo de morango, realizado em 2019, de acordo com o sexo, idade, renda familiar, escolaridade e localização da residência.

Dados socioeconômicos e demográficos	Frequência	
	n	%
<i>Sexo</i>		
Masculino	308	33%
Feminino	628	67%
Total	936	100%
<i>Idade</i>		
<20	66	7%
21 a 39	683	73%
40 a 59	167	18%
60 ou mais	20	2%
Total	936	100%

continuação TABELA 1. Distribuição dos dados socioeconômicos e demográficos dos respondentes do questionário sobre hábitos de consumo de morango, realizado em 2019, de acordo com o sexo, idade, renda familiar, escolaridade e localização da residência.

<i>Renda familiar</i>	n	%
Até 1 salário mínimo	16	2%
De 1 a 2 salários mínimos	80	9%
De 2 a 5 salários mínimos	368	39%
De 5 a 10 salários mínimos	284	30%
De 10 a 30 salários mínimos	166	18%
De 30 a 50 salários mínimos ou mais	14	1%
Nenhuma renda	8	1%
Total	936	100%
<i>Escolaridade</i>		
Ensino Fundamental incompleto	12	1%
Ensino Fundamental completo	7	1%
Ensino Médio incompleto	10	1%
Ensino Médio completo	57	6%
Superior incompleto	260	28%
Superior completo	192	21%
Pós-graduação	100	11%
Mestrado	181	19%
Doutorado	99	11%
Pós-doutorado	18	2%
Total	936	100%
<i>Localização da residência</i>		
Zona urbana	853	91%
Zona rural	83	9%
Total	936	100%

Calliyeris e Las Casas (2012) em seu trabalho elencam as vantagens e as limitações de pesquisas *online* e destacam que a representatividade da amostra, quando o universo a ser investigado é a população geral, é de extrema importância para a solidez dos dados gerados. Segundo os mesmos autores, a falta de confiabilidade nas bases de dados de respondentes disponíveis é um fator limitante para o uso desse método de coleta de dados. Desta forma, o método de divulgação utilizado na presente pesquisa pode ter sido um fator importante na diminuição da heterogeneidade da amostra. As listas de e-mails utilizadas representam uma porção específica da população e não fornecem dados prévios dos entrevistados,

impedindo que se direcione a pesquisa para públicos específicos, o que poderia aumentar a representatividade dos dados e a abrangência do estudo.

Da mesma forma pode ser justificada a concentração dos demais dados socioeconômicos e demográficos em faixas específicas de idade, renda, escolaridade e localização da residência. Sendo assim, este estudo caracteriza o perfil de consumidores de morango em faixa etária, renda e escolaridade específicos, de acordo com os resultados previamente apresentados. Em função disto, o tamanho amostral utilizado foi mais de duas vezes maior do que o tamanho amostral necessário para a validação estatística do estudo, o que possibilitou, por outro lado, a coleta de respostas em todos os níveis possíveis nas questões relacionadas ao consumo de morangos, aumentando a heterogeneidade das respostas nesse aspecto.

A Tabela 2 apresenta o perfil de consumo do morango apontando que 95% das pessoas que responderam à pesquisa declararam que consomem morangos. Dessas, a maioria respondeu que consome a fruta menos de uma vez ao mês (64,32%) ou quinzenalmente (18,38%). A quantidade de morango consumido em cada refeição variou de menos de 50 g a mais de 250 g. As quantidades mais frequentemente consumidas foram de 51 até 100 g (36%), 201 até 250 g (21%) e menos de 50 g (20%) em cada refeição. Do total, 26% das pessoas não responderam ou não souberam responder a quantidade consumida.

TABELA 2. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre a frequência de consumo e quantidade de morango consumido em cada refeição conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Frequência de consumo e quantidade consumida	Frequência	
	n	%
<i>Frequência de consumo</i>		
Diariamente	10	1,07%
1 vez por semana	71	7,59%
2 vezes por semana	23	2,46%
3 vezes por semana	15	1,60%
Quinzenalmente	172	18,38%
Menos de uma vez ao mês	602	64,32%
Não consumo morangos	43	4,59%
Total	936	100%

continuação TABELA 2. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre a frequência de consumo e quantidade de morango consumido em cada refeição conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

<i>Quantidade</i>	n	%
Até 50 g	137	14,64%
51 até 100 g	256	27,35%
101 até 150 g	102	10,90%
151 até 200 g	21	2,24%
201 até 250 g	144	15,38%
Mais de 250 g	37	3,95%
Não responderam ou não souberam responder	239	25,53%
Total	936	100%

A baixa frequência de consumo do morango encontrada neste estudo (menos de uma vez ao mês 64,32%) corrobora com estudo semelhante realizado por Barbosa Júnior *et al.* (2012) que encontraram valor similar (61,4%). A frequência baixa no consumo de morangos pode ser justificada por diversos fatores, entre eles o preço do morango, que está relacionado à sazonalidade da produção. Apesar da produção de morangos ocorrer ao longo de todo o ano, pico de produção ocorre entre os meses de julho e janeiro quando é possível encontrar facilmente o produto no comércio (Lunati, 2006). Já nos demais meses, em função da menor oferta do produto, os preços tendem a estar mais elevados.

Chama a atenção o fato de 26% de respondentes não terem respondido ou não saberem responder à pergunta em relação à quantidade consumida em cada refeição. Isso pode indicar que a baixa frequência de consumo, constatada no presente estudo, dificulta a percepção pessoal de quantificação de consumo de morango.

A média geral de consumo de morango por refeição foi de 146,45 g, sendo 148,07 g a média entre as mulheres e 141,31 g a média entre os homens. Ambos os gêneros apresentam dados positivamente assimétricos e da mesma forma se apresentaram os dados quando analisados em grupos de idade. A distribuição das respostas de consumo, divididas por gênero e por idade, são apresentadas na Figura 1.

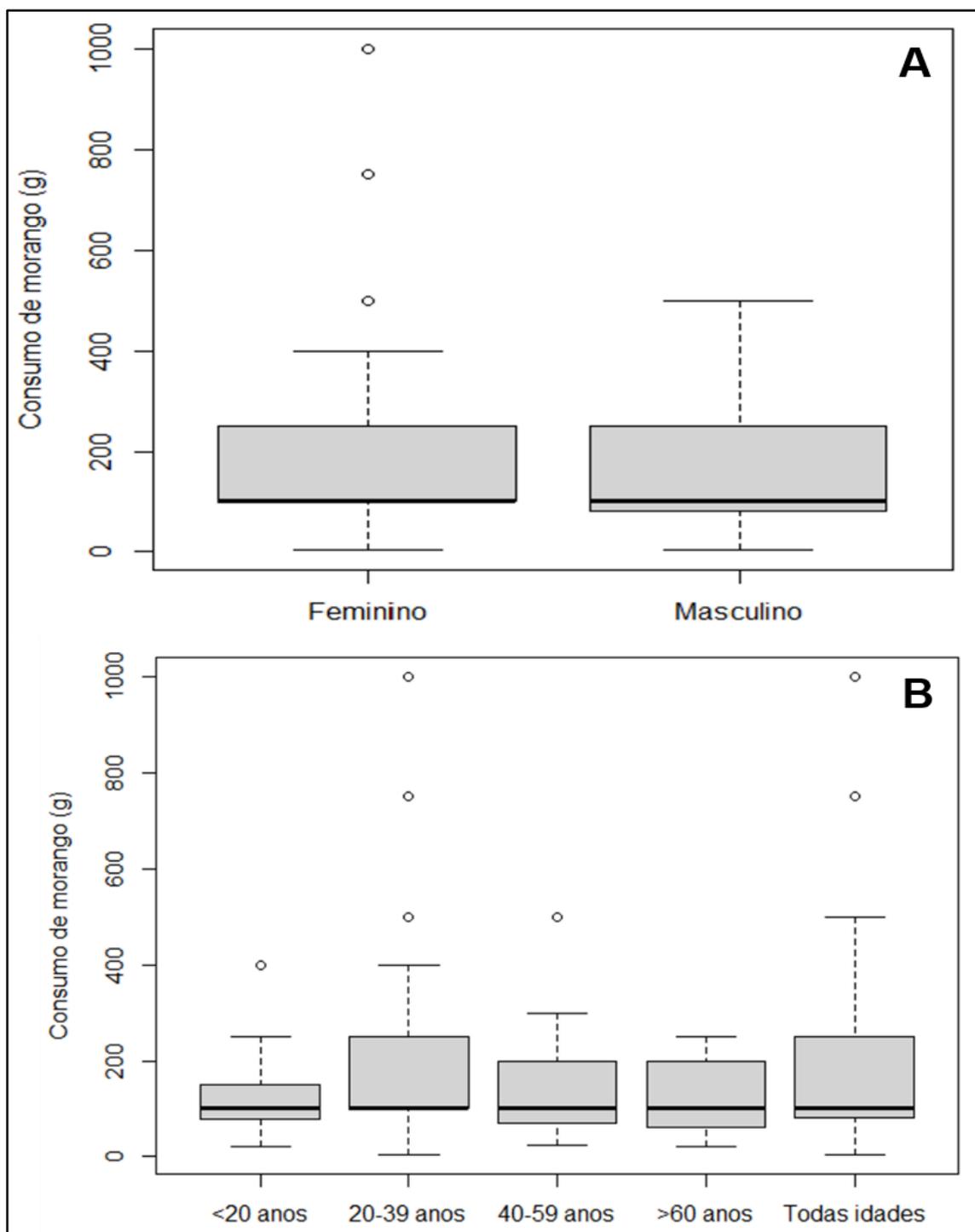


FIGURA 1. Distribuição das respostas sobre a quantidade de morango consumido por refeição de acordo com gênero (A) e idade (B) do respondente do questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Na Figura 2, é apresentada a frequência de respostas relacionadas ao local onde os respondentes costumam comprar os morangos que consomem. É importante destacar que essa pergunta permitiu respostas de múltipla escolha, onde o indivíduo podia optar por mais de uma opção. Deste modo, foram obtidas

1439 respostas. O supermercado foi citado em 40% das respostas, seguido por fruteira ou banca de frutas (32%), venda ambulante (14%), compra direta do produtor (10%) e 4% das pessoas disseram que não compram morangos.

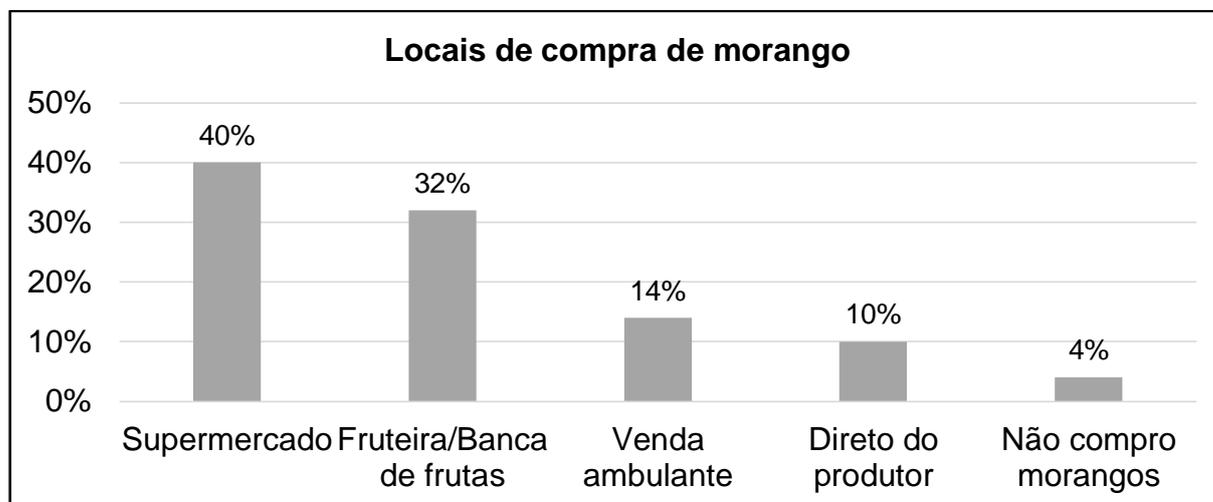


FIGURA 2. Frequência relativa das respostas sobre o local onde os respondentes da pesquisa costumam comprar os morangos que consomem conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

O período em que o questionário esteve disponível para receber respostas coincide com a época de pico de produção, o que pode justificar os 14% de entrevistados que disseram que compram os morangos que consomem via venda ambulante. A venda ambulante de morangos é considerada uma forma de comercialização informal, que ocorre principalmente durante os meses de pico de produção de morangos, quando a oferta aumenta e por consequência o preço do produto diminui, o que estimula este mercado.

A maioria dos respondentes (87,93%) respondeu que armazena os morangos na geladeira (Tabela 3) e 90,38% respondeu que os armazenam pelo período entre 1 até 5 dias em sua residência (Tabela 4).

A utilização de temperaturas de refrigeração pode auxiliar no aumento do tempo de conservação pós-colheita (Bender *et al.*, 2010). São consideradas condições ideais para armazenamento do morango, temperaturas entre 0 a 1°C e umidade relativa do ar (UR) de 90 a 95%, podendo atingir, nestas condições, uma vida de armazenamento de até 7 dias (Nunes *et al.* 1995). Entretanto, o uso da refrigeração na conservação de frutas e hortaliças no Brasil, ainda não é

amplamente utilizado e, quando ocorre, utilizam-se, geralmente, temperaturas entre 10 e 15°C (Cunha Junior, 2012). Além disso, deve-se levar em conta que, em um aparelho refrigerador doméstico, as condições de temperatura e umidade variam de $\pm 0,21$ °C a $\pm 3,60$ °C e a UR de $\pm 3\%$ a $\pm 10,30\%$, podendo variar inclusive entre diferentes modelos de refrigeradores (Luiz, 2005). Isto pode justificar o fato pelo qual a maioria dos respondentes relatou que armazena os morangos por no máximo 5 dias.

TABELA 3. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre o modo de armazenamento dos morangos no pré-consumo conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Modo de armazenamento	Frequência	
	n	%
<i>Modo de armazenagem</i>		
Geladeira	823	87,93%
Congelador	98	10,47%
Temperatura ambiente	15	1,60%
Total	936	100%

TABELA 4. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre o tempo de armazenamento dos morangos no pré-consumo conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Tempo de armazenamento	Frequência	
	n	%
Até 1 dia	122	13,03%
1 até 2 dias	379	40,49%
3 até 5 dias	345	36,86%
6 até 7 dias	50	5,34%
Mais de 7 dias	40	4,27%
Total	936	100%

Quando perguntado se o respondente costuma fazer algum tipo de higienização do morango antes de consumi-lo, 92% responderam que sim (Tabela 5). Três por cento dos respondentes informaram que eventualmente higienizam os morangos antes de consumir e 2% afirmaram que não costumam fazer nenhum tipo de higienização. Em relação ao tipo de higienização que os respondentes costumam fazer, 77% responderam que utilizam somente água corrente para

limpeza do morango antes de consumi-lo e 11% declararam que fazem uso de solução de água com vinagre (ácido acético), bicarbonato ou hipoclorito de sódio.

TABELA 5. Frequências absoluta e relativa das respostas sobre os hábitos e métodos de higienização dos morangos no pré-consumo conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Hábitos e métodos de higienização	Frequência	
	n	%
<i>Faz algum tipo de higienização antes do consumo</i>		
Sim	865	92,41%
Não	22	2,35%
Eventualmente	23	2,46%
Não responderam	26	2,78%
Total	936	100%
<i>Método de higienização</i>		
Água corrente	721	77,03%
Solução água + vinagre, bicarbonato de sódio ou água sanitária	107	11,43%
Solução água + produto sanitizante para vegetais	13	1,39%
Outros*	6	0,64%
Não responderam	89	9,51%
Total	936	100%

*Outros: sabonete líquido, água ozonizada, água com sal.

Na Figura 3, são apresentados os dados referentes à forma de consumo do morango pelos respondentes. A maioria (44%) respondeu que consome o morango *in natura*. Outras formas de consumo também foram relatadas: sobremesas (28%), sucos (18%), e coquetéis/caipirinhas (7%).

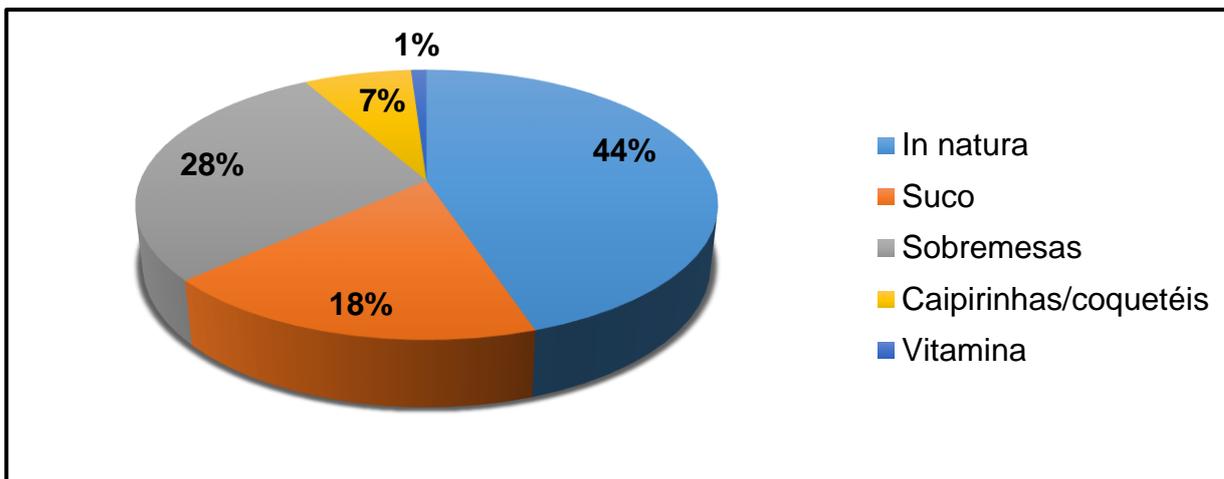


FIGURA 3. Frequência relativa das respostas sobre as formas de consumo do morango conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Frutas e hortaliças são consideradas vias potenciais de intoxicação quando não ocorre a adequada higienização antes do consumo, perigo que é acentuado naquelas que são consumidas *in natura* e sem a retirada da casca, como é o caso do morango. Os principais fatores responsáveis pela transmissão de doenças ou promoção de intoxicações alimentares, são atribuídos aos maus hábitos de manipuladores, falta de higienização e más condições de produção e acondicionamento das frutas e hortaliças (Nolla e Cantos, 2005). Fiorido e Souza (2020) avaliaram amostras de frutas consumidas com casca e constataram que 29,17% das amostras avaliadas continham presença de formas parasitárias como *Balantidium coli*, *Ancylostomidae*, *Entamoeba sp.* e *Parascaris equorum*.

Em seu trabalho, Teixeira *et al.* (2013), destacam a importância da higienização com solução clorada antes do consumo de frutas e hortaliças cruas consumidas *in natura*. No estudo conduzido por Ortiz-Solà *et al.* (2020) é destacado que os microrganismos patogênicos, os organismos mesófilos, bolores, leveduras e coliformes totais, são igualmente essenciais para a caracterização da qualidade dos alimentos. Em 2012, ocorreu na Alemanha um grande surto de gastroenterite por norovírus (NoV) que atingiu quase 11 mil pessoas, o qual estava relacionado a morangos congelados provenientes da China (Bernard *et al.*, 2014).

Quanto aos resíduos de agrotóxicos, que também se apresentam como um fator de risco para frutas e hortaliças produzidas com a sua utilização, já existem evidências científicas de que a lavagem dos alimentos com água corrente pode diminuir a concentração de resíduos de agrotóxicos nos mesmos, principalmente

para os agrotóxicos de contato. Existe também a diminuição da concentração de resíduos de agrotóxicos sistêmicos em função da lavagem dos alimentos, como o carbenzim e benomil em laranja que apresentou 40% de redução média, 60% de tebuconazol em repolho e de 80% de captana em tomate (Gonzalez-Rodríguez, 2011). Portanto, a lavagem dos morangos antes do consumo é importante visando, não só a diminuição na concentração de possíveis resíduos de agrotóxicos, mas também a redução da carga de microrganismos com potencial de causar doenças transmitidas por alimentos (DTA).

Na Figura 4 são apresentados os motivos pelos quais os entrevistados responderam que não consomem morangos. Desses, 58% justificaram que não consomem morangos em função do preço do produto, 27% declararam que não consome por medo de intoxicação por agrotóxicos e 16% apresentaram outros motivos. Entre estes motivos estão: não gostar da fruta, não ter o hábito ou mesmo pela baixa oferta do produto no mercado.

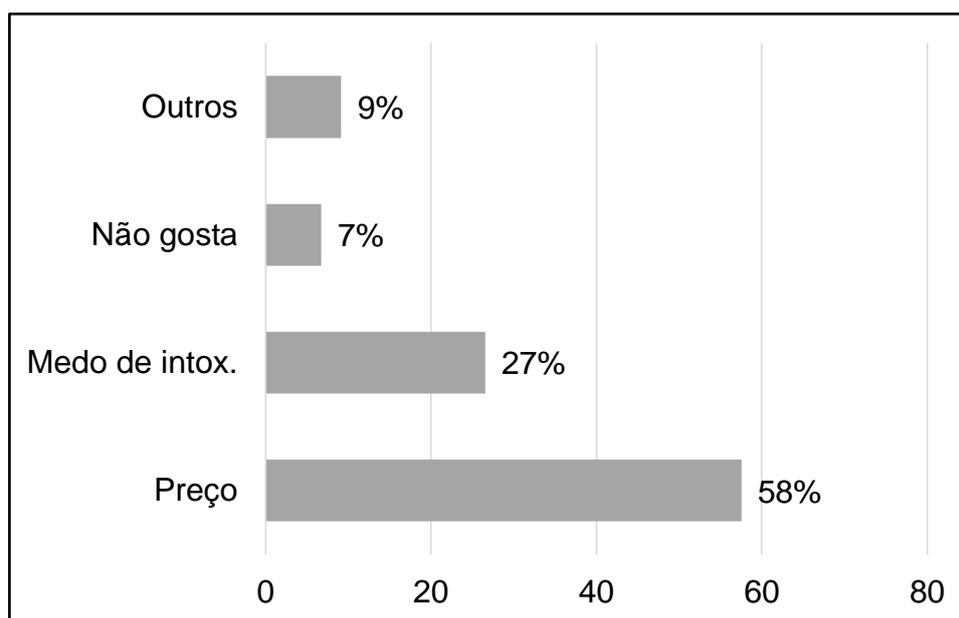


FIGURA 4. Frequência relativa das respostas sobre os motivos pelos quais alguns dos respondentes não consomem morangos conforme dados obtidos no questionário sobre hábitos de consumo de morangos realizado em 2019.

Barbosa Júnior *et al.* (2012) avaliaram o comportamento de consumidores quanto à disposição a pagar (DAP) por morangos produzidos sem a utilização de agrotóxicos. Os autores concluíram que os consumidores que não possuem

informações sobre os possíveis malefícios da má utilização de agrotóxicos, estão dispostos a pagar cerca de duas vezes mais pelo morango produzido sem a utilização dos mesmos. Por outro lado, a DAP é 16% maior entre os consumidores que tem conhecimento sobre os possíveis malefícios da ingestão de agrotóxicos.

Tendo em vista que 92% do público respondente na presente pesquisa tem no mínimo ensino superior incompleto, sugere-se que o acesso à informação seja um fator importante na escolha dos alimentos consumidos pelo indivíduo. Este fato é relevante uma vez o receio de intoxicação por agrotóxicos (27%) também se mostra como um fator determinante no consumo de morangos para a amostra estudada.

3.4 Considerações finais

Este estudo identificou que a maior parte dos respondentes, quando consome morangos, consome uma quantidade entre 51 e 100 g. Apesar disso, a média de consumo encontrada, foi de 148,07 g.

O preço do morango no mercado e o temor de intoxicação por ingestão de possíveis resíduos de agrotóxicos nos morangos podem contribuir para a baixa frequência de consumo (menos de uma vez ao mês) do fruto que foi verificada no estudo.

Mesmo tendo renda média maior do que a renda média brasileira, a população entrevistada elencou o preço como um dos principais fatores para o não consumo de morangos. Ficou evidenciado também, que a maior parte das pessoas entrevistadas segue as recomendações científicas de armazenagem e higienização antes de consumir os morangos.

3.5 Referências

BARBOSA JÚNIOR, D. A. *et al.* Preferência por alimentos seguros: estudo de caso do consumo de morango em um município de minas gerais. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, MG, v. 10, n. 2, p. 265-284, jun. 2012. DOI: doi.org/10.25070/rea.v10i2.204. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7528>. Acesso em: 23 jan. 2020.

BENDER, Renar João *et al.* Armazenagem de morangos cv. Camarosa e cv. Verão em atmosfera modificada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 285-292, jun. 2010. DOI: [10.4025/actasciagron.v32i2.3702](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i2.3702).

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212010000200015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 23 jan. 2020.

BERNARD, H. *et al.* Large multistate outbreak of norovirus gastroenteritis associated with frozen strawberries, Germany, 2012. **Euro Surveillance**, Stockholm, v. 19, n. 8, [art.] 20719, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2807/15607917.ES2014.19.8.20719>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CALLIYERIS, Vasiliki Evangelou; LAS CASAS, Alexandre Luzzi. A utilização do método de coleta de dados via internet na percepção dos executivos dos institutos de pesquisa de mercado atuantes no Brasil. **Interações**, Campo Grande, v. 13, n. 1, p. 11-22, jun. 2012. DOI: 10.1590/S1518-70122012000100002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1518-70122012000100002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 22 jan. 2020.

CUNHA JUNIOR, Luis C. *et al.* Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 688-694, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v30n4/v30n4a20.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2020.

FAO; WHO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food safety risk analysis. Part 1. An overview and framework manual**: provisional edition. Rome: FAO, 2005. Disponível em: http://www.fsc.go.jp/sonota/foodsafety_riskanalysis.pdf. Acesso em: 31 dez. 2019.

FIORIDO, Keila dos Santos Carolino; SOUZA, Marco Antônio Andrade de. Análise parasitológica de frutas consumidas com casca, comercializadas em supermercados de uma cidade do sudeste do Brasil. **Health and Biosciences**, São Mateus, v. 1, n. 2, p. 63 – 76, ago. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/healthandbiosciences>. Acesso em: 16 out. 2020.

FREITAS, J. A. *et al.* Produtores de morango no município de Bom Repouso relatam *Tetranychus urticae* Koch como principal problema da cultura. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA, 3., 2011, Campinas. **Resumos**. São Paulo: Instituto Biológico; Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2011. p. 1.

GONZALEZ-RODRÍGUEZ, R. M. *et al.* A Review on the fate of pesticides during the processes within the food-production chain. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Philadelphia, v. 51, p. 99-114, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**: Rio Grande do Sul. [Banco de Dados]. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>. Acesso em: 20 jan. 2020.

LUIZ, K. M. B. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) armazenados em refrigeradores domésticos**. 2005. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102690/225978.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 fev. 2020.

LUNATI, F. Le fragole italiane in cerca di un posto al solo. **Rivista di Frutticoltura**, Bologna, v. 68, n. 4, p. 9-10, 2006.

NOLLA, Alexandre Costa; CANTOS, Geny Aparecida. Relação entre a ocorrência de enteroparasitoses em manipuladores de alimentos e aspectos epidemiológicos em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 641-645, abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2005000200033>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2005000200033&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 16 out. 2020.

NUNES, M. C. N. *et al.* Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 1/2, p.17-28, 1995. Disponível em: <https://repositorioucp.pre.rcaap.pt/bitstream/10400.14/6571/1/Physical%20and%20chemical%20quality...pdf>. Acesso em: 23 jan. 2020.

ORTIZ-SOLÀ, J. *et al.* Occurrence of selected viral and bacterial pathogens and microbiological quality of fresh and frozen strawberries sold in Spain. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 314, [art.] 108392, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108392>. Acesso em: 10 fev. 2020.

RONQUE, Edson Roberto Vaz *et al.* Viabilidade da cultura do morangueiro no Paraná - BR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1032-1041, dez. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452013000400014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 jun. 2019.

SILVEIRA, Georgeton Soares Ribeiro; GUIMARÃES, Bernardino Cangussu. Aspectos sociais e econômicos da cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 279, p. 7-10, mar./abr. 2014.

TEIXEIRA, L. E. B. *et al.* Qualidade microbiológica de frutas e hortaliças comercializadas na cidade de Juazeiro do Norte - CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 23-26, 2013. Disponível em: <file:///G:/2.%20Refer%C3%AAs/2176-6332-1-PB.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2020.

TONDO, E. C.; BARTZ, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos**. Porto Alegre: Sulina, 2014.

4 CAPÍTULO 2

**Risco determinístico e probabilístico no consumo de morangos com
resíduos de agrotóxicos**

RESUMO

A frequente presença do morango entre os alimentos com resíduos de agrotóxicos em desconformidade gera uma série de questionamentos em relação aos riscos envolvidos no seu consumo. Nos processos de avaliação do risco podem ser utilizados métodos determinísticos e probabilísticos dependendo dos dados disponíveis. O objetivo deste trabalho foi conduzir uma avaliação determinística e probabilística do risco de ingestão de agrotóxicos através do consumo de morangos. Para tanto, 62 amostras de morangos foram analisadas através do método de multiresíduos entre os anos de 2018 e 2019. Os resultados de concentração dos ingredientes ativos foram organizados e utilizados para os cálculos de estimativa da ingestão. No método determinístico a ingestão foi calculada com base nos dados de concentração dos ingredientes ativos das amostras de morangos, dados de consumo provenientes de um questionário *online* e pesos corporais entre 5 e 70 kg. No método probabilístico foram utilizados os dados de concentração dos ingredientes ativos das amostras e peso corporal de 60 kg nos cenários 1 e 2, onde, no primeiro, os dados de consumo utilizados foram os dados do questionário e no segundo os dados de consumo de morango provenientes da Pesquisa de Orçamentos Familiares. Nas 62 amostras de morango analisadas foram detectados 38 ingredientes ativos sendo 25 amostras consideradas satisfatórias e 37 insatisfatórias. Entre os ingredientes ativos detectados, 40% não têm seu uso autorizado para a cultura. Na avaliação determinística, 23% dos ingredientes ativos apresentaram ingestão calculada superior a ingestão diária aceitável em pelo menos um cenário, estando o risco concentrado nos pesos corporais entre 5 e 30 kg, sendo o risco baixo quando considerado o peso corporal de 60 kg. Todos os ingredientes ativos testados no cenário 1 da avaliação probabilística apresentaram alguma possibilidade de a ingestão ser superior a ingestão diária aceitável, enquanto que para o cenário 2 apenas o ingrediente ativo procimidona superou a ingestão diária aceitável. Entre os modelos estudados, o cenário 1 da avaliação probabilística foi o que apresentou a maior probabilidade de provocar intoxicação e procimidona foi o ingrediente ativo mais frequentemente detectado nas amostras e que apresentou as maiores chances de oferecer risco à saúde.

ABSTRACT

The frequent presence of strawberry between the foods with residues of pesticides in divergence results a series of questionings in relation to the risks involved by its consumption. On risk assessment processes deterministic and probabilistic methods can be used depending on the data available. The aim of this study was to conduct a deterministic and probabilistic assessment of the risk of pesticides intake through strawberries consumption. Sixty-two samples of strawberries were analyzed by multiresidue method between the years of 2018 and 2019. The results of concentration of the active ingredients were organized and used for calculations of estimate intake. On the deterministic method, the intake was calculated based on the data concentration of active ingredients, consumption data stemming from an online questionnaire and body weight between 5 and 70 kilograms (kg). On the probabilistic method were used concentration of active ingredients and body weight of 60 kg on the scenarios 1 and 2, where, on the first, the data of consumption used were the data from the questionnaire and on the

second the data consumption of strawberry stemming from Family Budget Survey. On 62 samples of strawberry analyzed were detected 38 active ingredients being 25 samples considered satisfactory and 37 unsatisfactory. Among the active ingredients detected, 40% are not authorized for use for the crop. In the deterministic assessment, 23% of the active ingredients had a calculated intake higher than the acceptable daily intake in at least one scenario, with the risk concentrated in the body weights between 5 and 30 kg, with the risk low when considering the body weight of 60 kg. All active ingredients tested in scenario 1 of the probabilistic assessment showed some possibility of the intake being higher than the acceptable daily intake, whereas for scenario 2 only the active ingredient procymidone exceeded the acceptable daily intake. Among the models studied, scenario 1 of the probabilistic assessment was the one most likely to cause intoxication, and procymidone was the active ingredient most frequently detected in the samples and the one with the highest chances of offering health risk.

4.1 Introdução

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch) é uma planta de grande importância econômica no Brasil e no Rio Grande do Sul. Entretanto está, constantemente, entre os alimentos com o maior número de amostras em desconformidade com a legislação em relação aos resíduos de agrotóxicos, de acordo com o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2016).

A frequente presença do morango na lista dos alimentos com resíduos de agrotóxicos acima do permitido, motiva uma série de questionamentos relacionados ao risco envolvido no consumo deste alimento. Atualmente os processos de avaliação de risco estão baseados em parâmetros toxicológicos estabelecidos durante o processo de registro da substância junto aos órgãos competentes (Ministério da Saúde, Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento) (Jardim e Caldas, 2009).

Para a estimativa da exposição humana aos agentes químicos presentes nos alimentos, três dados são primordiais e indispensáveis: a concentração da substância no alimento (mg kg^{-1}), o consumo do alimento (kg) e o peso corporal individual ou da população em estudo (kg). Os dados de concentração de agrotóxicos nos alimentos são provenientes de análises de resíduos de agrotóxicos, onde os níveis detectados são comparados com os parâmetros toxicológicos existentes. O consumo do alimento pode ser obtido através dos dados de suprimento de alimentos, de disponibilidade de alimento no domicílio ou de consumo individual, sendo este último a fonte ideal para avaliar a exposição

humana a substâncias químicas na dieta (Jardim e Caldas, 2009). Por fim, os dados de peso corporal individual devem ser utilizados quando disponíveis, sendo que o peso médio da população em estudo pode ser utilizado quando este dado não estiver disponível (WHO, 1997).

Para a estimativa da ingestão de agrotóxicos via dieta podem ser utilizados os modelos determinístico e probabilístico. O modelo determinístico utiliza valores fixos, pontuais, de concentração e consumo, como a média, mediana ou 97,5 percentil, apresentando como vantagem a simplicidade e consequente rapidez nos cálculos. Por outro lado, o modelo probabilístico é capaz de integrar variáveis de consumo/peso corporal e concentração de resíduos, permitindo a caracterização da incerteza (EPA, 2001). Nesse modelo, valores aleatórios podem ser retirados, bem como variáveis podem ser inseridas, com a utilização de modelos matemáticos adequados, que utilizam principalmente técnicas probabilísticas de Monte Carlo.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi conduzir uma avaliação determinística e probabilística do risco de ingestão de agrotóxicos através do consumo de morangos. Neste estudo, a caracterização do risco foi baseada na IDA (Ingestão Diária Aceitável).

4.2 Material e métodos

Esta avaliação foi desenvolvida com base nos resultados das análises de resíduos de agrotóxicos, viabilizadas pela CEASA-RS em parceria com o SEBRAE, e dados de consumo de morango. Estes últimos, foram provenientes da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE (2010) e do questionário sobre hábitos de consumo de morango, elaborado e conduzido pelos autores deste estudo em 2019, descrito no capítulo anterior.

O trabalho foi dividido nas etapas de: identificação do perigo, caracterização do perigo, avaliação da exposição e caracterização do risco, seguindo o procedimento de Avaliação de Risco para perigo químico descrito no Guia da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1997).

4.2.1 Identificação do perigo

Para identificar quais as substâncias que apresentam perigo no morango, foram coletadas 62 amostras de frutos entre agosto de 2018 e novembro de 2019 comercializadas no espaço conhecido como Galpão do Produtor Gaúcho na CEASA/RS no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Foram coletadas somente amostras de morangos produzidos em municípios do estado do Rio Grande do Sul.

Os procedimentos de coleta e análise foram realizados pelo laboratório credenciado NSF Bioensaios localizado no município de Viamão, Rio Grande do Sul, seguindo os procedimentos operacionais padrão estipulados para análise de resíduos químicos em alimentos. Foram conduzidas análises multiresíduos, que consistem em analisar, simultaneamente, diferentes ingredientes ativos (i.a.) de agrotóxicos em uma mesma amostra, sendo ainda capaz de detectar diversos metabólitos. Para tanto, foram utilizados os métodos POP 05.130/16 - LC-MS/MS e POP 05 .130/16 - GC/ECD.

As amostras foram testadas quanto a presença de 238 i.a. e para cada amostra foram reunidos os i.a. detectados e as suas respectivas concentrações em mg kg^{-1} do alimento. As amostras foram classificadas em: satisfatórias, quando não apresentaram resíduo ou quando apresentavam resíduo abaixo do Limite Máximo de Resíduos (LMR); e insatisfatórias, quando apresentaram concentração de resíduos acima do LMR ou resíduos de i.a. de uso não autorizado para a cultura do morango, configurando-se, portanto, em situação irregular.

4.2.2 Caracterização do perigo

Nesta etapa, foram identificados os parâmetros toxicológicos de cada um dos i.a. detectados nas análises. A IDA é a quantidade estimada de substância presente nos alimentos que pode ser ingerida diariamente ao longo da vida, sem oferecer risco apreciável à saúde do consumidor, à luz dos conhecimentos atuais, expressa em miligrama de substância por quilograma de peso corporal (mg kg^{-1} p.c.) (ANVISA, 2019). Assim sendo, a IDA é o parâmetro de segurança que normalmente é utilizado nos estudos de estimativa do risco em relação à ingestão

de resíduos de agrotóxicos em alimentos (Caldas e Souza, 2000; Lourenço, 2003; D'Ávila, 2015).

4.2.3 Avaliação da Exposição

A exposição crônica foi calculada somente para os i.a. detectados em situação irregular (acima do LMR ou não autorizado). Os dados de consumo de morango foram obtidos através de um questionário, utilizando os dados de consumo mais frequentes e o consumo médio (0,05; 0,1; 0,25; e 0,148 kg *per capita* por refeição). Foram utilizados também os dados de consumo de morango obtidos na POF, realizada entre os anos de 2008 e 2009 pelo IBGE (2010), utilizando os dados de consumo médio da região Sul e Norte do Brasil (0,357 e 0,021 kg *per capita* anual, respectivamente), pois representam os valores de consumo máximo e mínimo no país. Os dados de consumo do POF foram divididos por 365 e expressos em kg por dia para o cálculo da ingestão.

A avaliação determinística da exposição foi calculada de acordo com a Equação 1 (Jardim e Caldas, 2009), utilizando apenas os dados de consumo descritos no capítulo 1 (questionário). A ingestão diária de resíduo químico é definida como o somatório das concentrações de resíduos de i.a. presentes nos alimentos (R_i), em mg kg⁻¹, multiplicado pelo consumo do alimento (C_i), em kg dia.

$$Ingestão = \sum (R_i \times C_i) \quad (1)$$

Na avaliação probabilística da exposição, a ingestão de agrotóxicos foi calculada de acordo com o modelo probabilístico proposto por Jardim (2012). Os dados de concentração dos i.a. em situação irregular (acima do LMR ou não autorizado) e os dados de consumo, tanto os provenientes do questionário como os do POF, foram organizados em planilhas *Excel* e foram montados em distribuições utilizando o *software @Risk (Palisade Corporation, versão 7.6)*.

A escolha deste *software* ocorreu em função da possibilidade de análise de dados em diversos formatos, uma vez que define distribuições com base nos dados históricos de um dado *input*. O *@Risk* executa a análise de risco por meio da simulação de Monte Carlo, gerando um leque de possíveis resultados provenientes da interação entre os fatores nele inseridos e informa a probabilidade de ocorrência dos mesmos (Palisade Brasil, 2019).

O *software* disponibiliza mais de 65 distribuições que podem se ajustar aos dados. Sendo assim, a escolha da distribuição ocorreu com base no melhor ajuste apresentado. Foi utilizada a distribuição *Uniforme* para os dados de consumo e a distribuição *Exponencial* para os dados de concentração.

4.2.4 Caracterização do risco

No método determinístico, a caracterização do risco de intoxicação crônica para cada i.a. em situação irregular foi feita comparando a ingestão calculada na etapa anterior com a IDA, em mg kg^{-1} peso corporal dia, assumindo pesos corporais entre 5 kg e 70 kg, conforme a Equação 2. No método determinístico, portanto, o risco ocorreu quando a quantidade de resíduo ingerida foi maior do que a IDA.

$$\%IDA = \frac{\text{Ingestão} \times 100}{IDA \times \text{peso corpóreo}} \quad (2)$$

Onde:

Ingestão é o valor calculado na Equação 1, expresso em mg kg^{-1} ; e

IDA é a Ingestão Diária Aceitável, parâmetro toxicológico de referência.

No método probabilístico, a caracterização do risco foi feita através da construção de um modelo de avaliação de risco apresentado na Tabela 1. Os cálculos foram efetuados através da inserção das equações, de acordo com as distribuições que melhor se ajustaram para cada conjunto de dados, gerando uma distribuição de probabilidades de ocorrência para cada um.

TABELA 1. Modelo de avaliação de risco baseado nos dados de concentração de resíduos de agrotóxicos em amostras de morangos coletadas entre 2018 e 2019 na CEASA/RS, nos dados de consumo de morango provenientes do questionário e nos dados do POF de 2010, sendo os dados de consumo o fator diferencial dos cenários 1 e 2.

Cenário	Símbolo	Variável e unidade	Equação
1	Cm	Concentração média (mg kg^{-1})	RiskExpon (Cm)
	Qq	Consumo questionário (g kg pc^{-1})	RiskUniform (Qq mínimo; Qq máximo)
	Rr1	Risco por refeição cenário 1 (%)	RiskOutput()+1-(1-Cm x Qq)
2	Cm	Concentração média (mg kg^{-1})	RiskExpon (Cm)
	Qibge	Consumo IBGE (g kg pc^{-1})	RiskUniform(Qibge mínimo; Qibge máximo)
	Rr2	Risco por refeição cenário 2 (%)	RiskOutput()+1-(1-Cm x Qibge)

Feito isso, sucedeu-se a simulação de Monte Carlo, sendo simuladas 100.000 interações entre os dados de consumo e concentração dos 10 i.a. em situação irregular detectados com a maior frequência. Foram considerados dois cenários para cada i.a. No primeiro, cenário 1, a quantidade de morangos consumida foi baseada no valor mínimo e máximo (50 e 250 g por refeição) das respostas do questionário. No cenário 2, foram considerados os dados de consumo do POF, sendo utilizados os dados médios de consumo das regiões Norte e Sul do Brasil, correspondendo aos valores mínimos e máximos no país.

Os resultados destas simulações foram comparados com a IDA dos i.a. Foi determinada qual a probabilidade de que a ingestão de agrotóxico fosse acima da IDA para cada um destes i.a. caso consumissem os morangos analisados neste estudo nas quantidades acima descritas.

4.3 Resultados e Discussão

Os resultados estão divididos em duas etapas: (i) resultados das análises multiresíduos de agrotóxicos em morangos e ingredientes ativos detectados e (ii) caracterização do risco.

4.3.1 Resultados das análises multiresíduos de agrotóxicos em morangos e ingredientes ativos detectados

Das 62 amostras de morango analisadas, 25 (40%) foram consideradas satisfatórias e 37 (60%) foram consideradas insatisfatórias. Entre as amostras satisfatórias, apenas 3 não apresentaram qualquer tipo de resíduo quantificável (5% do total de amostras analisadas), enquanto que 22 apresentaram resíduos abaixo do LMR (35%). Por outro lado, entre as amostras insatisfatórias, 11 (18%) apresentaram resíduos de i.a. não autorizados para o morango e 13 (21%) apresentaram, além de resíduos de i.a. não autorizados para a cultura, resíduos de i.a. acima do LMR. Por fim, treze amostras (21%) foram insatisfatórias por apresentar apenas resíduos de i.a. acima do LMR, conforme a Figura 1.

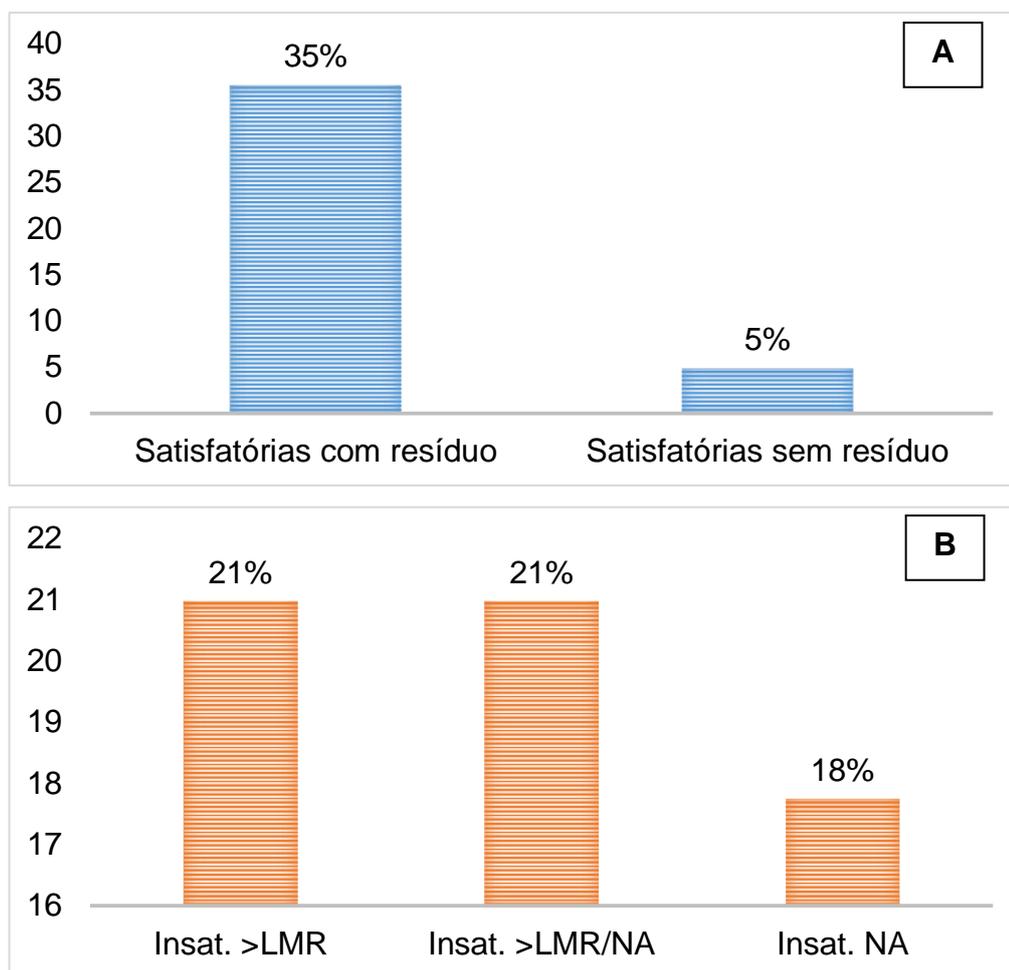


FIGURA 1. Resultado das análises de resíduos de agrotóxicos de 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019. **A:** Distribuição das 25 amostras satisfatórias com resíduos abaixo do LMR e sem resíduos de agrotóxicos. **B:** Distribuição das 37 amostras insatisfatórias por apresentar resíduos acima do limite máximo de resíduos (>LMR), acima do limite máximo de resíduos e não autorizados (>LMR/NA) ou não autorizados (NA).

Em comparação, os dados do relatório do PARA divulgado em 2016, que compreende as amostras coletadas no período entre 2013 e 2015, no caso específico do morango, das 157 amostras analisadas 43 (27%) foram consideradas satisfatórias e 114 (73%) insatisfatórias. Entre as amostras insatisfatórias, 41 (26%) apresentaram resíduos acima do LMR (Limite Máximo de Resíduos) e 110 (70%) amostras apresentaram resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura do morango. Foram detectados 48 agrotóxicos diferentes dentre os 165 pesquisados. O carbendazim (92 amostras), a azoxistrobina (78 amostras) e o difenoconazol (60 amostras) foram os ingredientes ativos que ocorreram com maior frequência nas amostras analisadas. (ANVISA, 2016).

No presente estudo, foram identificados 35 dos 238 ingredientes ativos testados, totalizando 303 detecções, resultado em uma média de 4,89 ingredientes ativos por amostra. As frequências desses i.a. estão relacionados na Tabela 2, apresentadas em percentual de amostras.

TABELA 2. Ingredientes ativos detectados em 62 amostras de morangos coletados na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019, sua classe agrônômica, classificação quanto ao uso no morango em autorizado (A) ou não autorizado (NA), sua IDA e a frequência de ocorrência.

Ingrediente Ativo	Classe Agrônômica	Uso no morango	IDA (mg/kg p.c.)	Frequência	
				N	%
Procimidona	Fungicida	A	0,1	41	66,13%
Carbendazim	Fungicida	NA	0,02	33	53,23%
Difenoconazol	Fungicida	A	0,6	31	50,00%
Tiametoxam	Inseticida	A	0,02	25	40,32%
Azoxistrobina	Fungicida	A	0,02	19	30,65%
Ditiocarbamatos	Acaricida/Fungicida	A	0,03	18	29,03%
Boscalida	Fungicida	A	0,04	17	27,42%
Metalaxil-M	Fungicida	NA	0,08	12	19,35%
Pirimetanil	Fungicida	A	0,2	10	16,13%
Fenpropratrina	Acaricida/Inseticida	A	0,03	9	14,52%
Cresoxim-Metílico	Fungicida	A	0,4	8	12,90%
Acetamiprido	Inseticida	NA	0,024	7	11,29%
Lambda-Cialotrina	Inseticida	A	0,05	7	11,29%
Propargito	Acaricida	A	0,01	7	11,29%
Tebuconazol	Fungicida	A	0,03	7	11,29%
Tiofanato-Metílico	Fungicida	A	0,02	7	11,29%
Teflubenzurom	Inseticida	A	0,01	6	9,68%
Fenpiroximato	Acaricida	A	0,01	5	8,06%
Piraclostrobina	Fungicida	NA	0,04	5	8,06%
Clorfenapir	Acaricida/Inseticida	A	0,03	4	6,45%
Piridabem	Acaricida/Inseticida	A	0,01	4	6,45%
Cipermetrina	Formicida/Inseticida	NA	0,05	3	4,84%
Clotianidina	Inseticida	NA	0,09	3	4,84%
2,4D	Herbicida	NA	0,1	2	3,23%
Imidacloprido	Inseticida	NA	0,05	2	3,23%
Trifloxistrobina	Fungicida	A	0,03	2	3,23%

continuação TABELA 2. Ingredientes ativos detectados em 62 amostras de morangos coletados na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019, sua classe agrônômica, classificação quanto ao uso no morango em autorizado (A) ou não autorizado (NA), sua IDA e a frequência de ocorrência.

Abamectina	Acaricida/Inseticida	A	0,002	1	1,61%
Clorotalonil	Fungicida	NA	0,03	1	1,61%
Deltametrina	Formicida/Inseticida	NA	0,01	1	1,61%
Espiromesifeno	Acaricida/Inseticida	NA	0,018	1	1,61%
Fosmete	Acaricida/Inseticida	NA	0,005	1	1,61%
Metconazol	Fungicida	A	0,048	1	1,61%
Piriproxifem	Inseticida	NA	0,1	1	1,61%
Propamocarbe	Fungicida	NA	0,1	1	1,61%
Triazofós	Acaricida/Inseticida/Nematicida	NA	0,001	1	1,61%

*Para fins de monitoramento de resíduos, devem ser considerados os LMRs estabelecidos nas monografias de CARBENDAZIM e TIOFANATO-METÍLICO, cujos resíduos são expressos como carbendazim.

Juntos, os 10 i.a. detectados com maior frequência representam mais de 70% das detecções. Entre estes, o metalaxil-m não tem o seu uso autorizado para o morango, tendo sido detectados outros 13 i.a. na mesma situação, representando 40% dos i.a. detectados. É importante destacar que o carbendazim é produto da hidrólise do benomil, mas também pode ser originado da ciclização degradativa do tiofanato metílico (Rajagopal et al., 1984). Sendo assim, o carbendazim detectado nas amostras pode ser oriundo da aplicação do tiofanato metílico que é um i.a. de uso autorizado para o morango e, para fins de análise de resíduos, o tiofanato-metílico é avaliado pelo resíduo do seu metabólito carbendazim.

O alto índice de amostras insatisfatórias, evidencia que as boas práticas agrícolas não vêm sendo adotadas por uma parcela de produtores, o que pode ser causado pelo desconhecimento ou pela falta de amparo técnico. Em seu trabalho, Siqueira *et al.* (2013) analisaram o uso e manuseio de agrotóxicos por produtores rurais e concluíram que 57% dos entrevistados possuíam escolaridade até o ensino fundamental incompleto e que apenas 0,9% dos entrevistados aplicavam agrotóxicos orientados por algum profissional habilitado.

O uso de ingredientes ativos não autorizados para a cultura se configura como um desafio aos técnicos que prestam assistência aos produtores de pequenas culturas, também chamadas de *minor crops*, como o morango. No Brasil, as *minor crops* são definidas como “Culturas de Suporte Fitossanitário Insuficiente” havendo falta ou número de i.a. registrados reduzido. Isto dificulta a prescrição legal

de agrotóxicos necessários para o controle fitossanitário destes cultivos (Souza, 2019), razão do alto índice de detecções de i.a. não autorizados para a cultura.

Neste contexto, foi publicada a Instrução Normativa Conjunta nº 1, de 16 de junho de 2014, com o intuito de incentivar o registro de agrotóxicos para pequenas culturas, simplificando as etapas do processo de registro. Através desta normativa, a apresentação de parecer técnico passou a atender as exigências de estudos de eficiência agronômica, a organização das culturas em grupos e subgrupos e a realização dos estudos de Limites Máximos de Resíduos (LMR) passaram a ser realizados para a cultura representativa do subgrupo e extrapolado para demais culturas desse subgrupo (Souza, 2019).

4.3.2 Parâmetro toxicológico

Na Tabela 3, foram relacionados os valores de IDA somente dos i.a. classificados como irregulares, ou seja, que apresentaram concentração acima do LMR ou que são i.a. de uso não autorizado para o morango. Estes valores foram utilizados como parâmetro no cálculo para caracterização determinística e probabilística do risco.

TABELA 3. Relação de ingredientes ativos detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019 em situação irregular (acima do LMR ou não autorizado para uso no morango (NA)) e sua respectiva IDA.

Ingrediente Ativo	IDA (mg kg⁻¹ p.c.)
<i>Irregular por >LMR</i>	
Azoxistrobina	0,02
Carbendazim	0,02
Clorfenapir	0,03
Difenoconazol	0,6
Ditiocarbamato	0,03
Piridabem	0,01
Procimidona	0,1
Tiametoxam	0,02
<i>Irregular por NA</i>	
2,4 D	0,01
Acetamiprido	0,024
Clorotalonil	0,03
Cipermetrina	0,05
Clotianidina	0,09

continuação TABELA 3. Relação de ingredientes ativos detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019 em situação irregular (acima do LMR ou não autorizado para uso no morango (NA)) e sua respectiva IDA.

<i>Irregular por NA</i>	
Deltametrina	0,01
Espiromesifeno	0,018
Fenproximoato	0,01
Fosmete*	0,005
Imidacloprido	0,05
Metalaxil-m*	0,08
Piraclostrobina	0,04
Piriproxifem	0,1
Propamocarbe	0,1
Triazofós	0,001

4.3.3 Caracterização determinística do risco

Na Tabela 4 são listados os resultados do cálculo determinístico de %IDA, onde estão relacionados as quantidades de morango consumido em cada refeição e o peso corporal considerado. A avaliação determinística do risco foi executada para todos os i.a. em situação irregular, no entanto, foram listados apenas os resultados em que a ingestão seria acima de 100% da IDA, que correspondem a 4,52% do total de %IDA calculadas. O valor de IDA foi extrapolado, principalmente, quando o peso corporal considerado foi de 5 kg e a quantidade de morango consumida era de 250 g, correspondendo a 32% dos cenários com ingestão superior a IDA.

TABELA 4. Resultados da avaliação determinística do risco onde a ingestão de agrotóxicos foi superior ao valor de IDA, com base nos ingredientes ativos em situação irregular detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019.

	Consumo (g)	Peso corporal (kg)	%IDA	Ingrediente ativo
1	50	5	123,5	Procimidona
2	100	5	247	Procimidona
3	100	5	180	Azoxistrobina
4	100	5	121,4	Procimidona
5	100	5	106	Ditiocarbamato
6	148	5	365,7	Procimidona
7	148	5	296,1	Espiromesifeno*
8	148	5	266,5	Azoxistrobina

continuação TABELA 4. Resultados da avaliação determinística do risco onde a ingestão de agrotóxicos foi superior ao valor de IDA, com base nos ingredientes ativos em situação irregular detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019.

9	148	5	219,1	Clorfenapir
10	148	5	179,8	Procimidona
11	148	5	157,0	Ditiocarbamato
12	148	5	142,1	Carbendazim
13	148	5	141,9	Procimidona
14	148	5	125,6	Procimidona
15	148	5	118,5	Tiametoxam
16	148	5	109,6	Azoxistrobina
17	148	5	108,1	Tiametoxam
18	148	5	101,6	Procimidona
19	148	5	101,2	Acetamiprido*
20	148	5	100,7	Azoxistrobina
21	148	5	100,7	Carbendazim
22	200	5	200	Espiromesifeno*
23	200	5	148	Clorfenapir
24	250	5	617,5	Procimidona
25	250	5	500	Espiromesifeno*
26	250	5	450	Azoxistrobina
27	250	5	370	Clorfenapir
28	250	5	303,5	Procimidona
29	250	5	265	Ditiocarbamato
30	250	5	240	Carbendazim
31	250	5	239,5	Procimidona
32	250	5	212	Procimidona
33	250	5	200	Tiametoxam
34	250	5	185	Azoxistrobina
35	250	5	182,5	Tiametoxam
36	250	5	171,5	Procimidona
37	250	5	170,8	Acetamiprido*
38	250	5	170	Carbendazim
39	250	5	170	Azoxistrobina
40	250	5	167,5	Azoxistrobina
41	250	5	130	Azoxistrobina
42	250	5	115	Azoxistrobina
43	100	10	123,5	Procimidona
44	148	10	182,9	Procimidona
45	148	10	148,1	Espiromesifeno*
46	148	10	133,3	Azoxistrobina
47	148	10	109,6	Clorfenapir
48	250	10	308,8	Procimidona

continuação TABELA 4. Resultados da avaliação determinística do risco onde a ingestão de agrotóxicos foi superior ao valor de IDA, com base nos ingredientes ativos em situação irregular detectados nas 62 amostras de morango coletadas na CEASA/RS entre os anos de 2018 e 2019

49	250	10	250	Espiromesifeno*
50	250	10	225	Azoxistrobina
51	250	10	185	Clorfenapir
52	250	10	151,8	Procimidona
53	250	10	132,5	Ditiocarbamato
54	250	10	120	Carbendazim
55	250	10	119,8	Procimidona
56	250	10	106	Procimidona
57	250	20	154,4	Procimidona
58	250	20	125	Espiromesifeno*
59	250	20	112,5	Azoxistrobina
60	250	30	102,9	Procimidona

*Ingrediente ativo com uso não autorizado para a cultura do morango.

Fica evidente que é bastante improvável que uma pessoa de apenas 5 kg possa ingerir 250 g de morangos, entretanto, o dossiê da Abrasco afirma que também é possível ocorrer intoxicação através do leite materno:

[...] Parte dos agrotóxicos utilizados tem a capacidade de dispersar no ambiente, e outra parte pode se acumular no organismo humano, inclusive no leite materno. O consumo do leite contaminado pode provocar agravos à saúde dos recém-nascidos, por sua vulnerabilidade à exposição a agentes químicos presentes no ambiente, por suas características fisiológicas e por se alimentarem quase exclusivamente com o leite materno até os 6 meses de idade. (Carneiro, 2015).

A partir do peso corporal de 30 kg as chances de ingestão de i.a. acima da IDA são baixas já que para essa massa somente há risco quando quantidade de morango consumida é de 250 g. Quando considerado o peso corporal médio de 60 kg por pessoa, nenhum dos i.a. com concentração irregular atingiu níveis de ingestão equivalentes a 100 % da IDA. O valor máximo encontrado para o peso de

60 kg foi de 51,5 % da IDA para o i.a. procimidona se a maior quantidade de morango (250 g) fosse consumida.

Apesar da IDA ser um parâmetro toxicológico bastante conservador, é importante destacar que 8 dos 35 i.a. (23%) detectados a ultrapassaram. Um destes i.a. ultrapassou a IDA em mais de 500% em um dos cenários calculados. O resultado merece atenção, tendo em vista que esta dose se refere apenas à um ingrediente ativo no caso específico do morango. Deve-se levar em consideração que na dieta diária de um indivíduo estão presentes uma série de alimentos que podem também conter resíduos de agrotóxicos, acentuando, portanto, a probabilidade de se ingerir compostos químicos em doses superiores às indicadas como seguras, o que aumenta as chances de efeitos adversos à saúde se manifestarem.

Os resultados encontrados neste estudo estão em consonância com resultados de estudos semelhantes, como o trabalho conduzido por Caldas e Souza (2000), que a partir de uma avaliação determinística do risco identificou que a ingestão de i.a. via alimentos excedeu a IDA para 23 agrotóxicos em pelo menos uma região metropolitana brasileira. D'Ávila (2015) conduziu uma avaliação probabilística do risco e identificou o ingrediente ativo Dimetoato (6,3%) com as maiores chances de ingestão em quantidades suficientes para causar danos aos consumidores.

4.3.4 Caracterização probabilística do risco

O resultado da avaliação probabilística do risco é apresentado na Tabela 5, onde está listada a porcentagem de interações da simulação de Monte Carlo onde a ingestão do i.a. seria superior a IDA caso uma pessoa consumisse os morangos analisados neste trabalho nas quantidades levantadas pelo questionário descrito no capítulo 1 (cenário 1) ou nas quantidades da POF (cenário 2). São apresentados os resultados dos 10 ingredientes ativos em concentrações irregulares mais frequentemente detectados nas amostras insatisfatórias.

TABELA 5. Porcentagem de interações onde a ingestão do i.a. seria superior a IDA se o consumo dos morangos analisados fosse nas quantidades levantadas neste estudo (cenário 1) ou nas quantidades da POF (cenário 2).

Ingrediente ativo	Cenário	% de interações com ingestão >IDA
Metalaxil-M*	1	11,1
	2	0
Tiametoxam	1	80
	2	0
Acetamiprido*	1	0,1
	2	0
Azoxistrobina	1	92
	2	0
Procimidona	1	99,3
	2	19,9
Piraclostrobina*	1	80,4
	2	0
Clotianidina*	1	0
	2	0
Carbendazim	1	89,6
	2	0
Cipermetrina*	1	25,8
	2	0
Ditiocarbamato	1	82
	2	0

*Ingrediente ativo com uso não autorizado para a cultura do morango.

Para todos os i.a. avaliados no cenário 1 houve alta porcentagem de interações onde a ingestão seria acima da IDA, estando a maioria destes acima dos 80%. Para a maioria dos i.a. avaliados no cenário 2 a porcentagem de ingestão em doses superiores à IDA foi nula, exceto para o i.a. procimidona.

Procimidona foi o i.a. que apresentou o maior potencial de risco, sendo que as chances de ocorrer algum efeito negativo à saúde são de 99,3% quando consideradas as quantidades de morango deste estudo (cenário1) e 19,9% com as quantidades da POF (cenário 2). Tendo sido detectado em 66,13% das amostras analisadas, apresentou probabilidade de ingestão acima da IDA para ambos os cenários da avaliação probabilística e foi responsável também por 36% dos cenários em que a ingestão superaria a IDA na avaliação determinística.

A ingestão de i.a. em doses que extrapolem a IDA representa risco, uma vez que esta é a dose considerada segura a partir da qual efeitos adversos à saúde podem ser observados. Estes efeitos adversos dependem da dose e da natureza

química do composto. Além disso, os sintomas de intoxicação são diversos: náuseas; tremores; e dificuldades respiratórias, podendo também apresentar problemas graves, como paralisias, desenvolvimento de câncer e até mesmo, a morte quando a exposição a esses produtos é prolongada, (Silva *et al.*, 2019).

A diminuição do uso de agrotóxicos no sistema produtivo é de suma importância tendo em vista que as demandas do mercado consumidor, que exige a oferta de alimentos seguros, vão além do uso seguro de agrotóxicos. Alguns pesquisadores apontam a agricultura orgânica ou a produção vegetal sem o uso de agrotóxicos como possível solução para esta demanda, entretanto é provável que estes sistemas não conseguirão atender à demanda humana por alimentos (Jouzi *et al.*, 2017). Nesse sentido, medidas alternativas para o controle de pragas e doenças vêm sendo estudadas, como é o caso recente da utilização de extrato vegetal de *Schinus terebinthifolius* (pimenta rosa) no crescimento micelial de *Colletotrichum acutatum* do morangueiro, que apresentou potencial para o manejo agroecológico deste patógeno (Mello e Zacharias, 2019).

Ajustes no manejo da pós-colheita do morango são também alternativas para diminuir o uso de agrotóxicos. Atualmente, o uso de fungicidas químicos sintéticos como método para reduzir doenças na pós-colheita é a principal forma de diminuição da atividade microbiana e, por consequência, o aumento do tempo de armazenamento do morango (Schmitz *et al.*, 2019). No entanto, o uso destes fungicidas pode ser diminuído através do armazenamento sob baixas temperaturas, em atmosfera modificada ou pela utilização de tratamentos que reduzem o metabolismo do produto. Garcia (2009) obteve aumento da vida útil na pós-colheita de morangos através do uso de recobrimento comestível dos frutos com uma película contendo 3% de fécula de mandioca.

Processos como a lavagem, processamento térmico e a sanitização química com compostos à base de cloro são as práticas mais comuns na remoção de agrotóxicos dos alimentos. No entanto, alguns agrotóxicos são insolúveis em água, o que faz com que a lavagem se configure em uma técnica parcialmente confiável para eliminação de resíduos de agrotóxicos (Ortiz-Hernandez *et al.*, 2018). Além disso, alguns estudos sugerem que a higienização química pode gerar diversos subprodutos potencialmente cancerígenos (Phan *et al.*, 2018).

Tratamentos térmicos para remoção de resíduos de agrotóxicos também são utilizados em alguns casos, mas podem apresentar efeitos negativos nas

propriedades físico-químicas, nutritivas e organolépticas (Heo et al., 2014) de alguns alimentos, especialmente naqueles que são consumidos *in natura* como o morango. Nesse sentido, pesquisas vem explorando novas técnicas para remoção de agrotóxicos de alimentos como a utilização de oxidação avançada não térmica e de plasma frio (Gavahian et al., 2020; Gavahian, Sarangapani e Misra, 2021).

No entanto, a exposição à agrotóxicos pode ocorrer de diversas maneiras além do consumo de alimentos com resíduos de agrotóxico, ou seja, através do contato por parte dos trabalhadores durante o seu manuseio, a contaminação do solo ou o consumo de água contaminada com resíduos destas substâncias. Assim sendo, mais importante do que medidas paliativas, a observância e o cumprimento das Boas Práticas Agrícolas (BPA), representam importante ferramenta para mitigação de riscos no que tange a questão dos agrotóxicos.

As BPA's incluem medidas como o controle de pragas priorizando o Manejo Integrado de Pragas. O uso de agrotóxicos deve ser a última opção, no entanto, quando não houverem alternativas, devem-se optar por agrotóxicos registrados para a cultura e como menor toxicidade. Da mesma forma para o controle de plantas daninhas, priorizando métodos alternativos de controle que não causem danos ao meio ambiente e a saúde dos trabalhadores e consumidores. As BPA's preveem ainda procedimentos relacionados com o armazenamento, manipulação, aplicação e destinação correta das embalagens vazias, que devem ser de acordo com o receituário agrônomo e de acordo com a legislação pertinente (BRASIL, 2017).

Por fim, cabe ressaltar que neste estudo, os cálculos de ingestão e exposição crônica consideraram que as quantidades de consumo são por refeição, uma vez que os dados de consumo do questionário se referem às quantidades de morango consumidas em cada refeição, diferentemente dos dados da POF que foram divididos por 365, considerando que o consumo ocorreu de forma homogênea ao longo de todo o ano. Sendo assim, os resultados de %IDA do presente estudo, não levaram em consideração a frequência no consumo das quantidades do questionário e nem a possível interação entre os diferentes i.a. presentes em uma mesma amostra, fazendo com que os resultados se refiram especificamente à uma refeição nas condições do caso estudado.

4.4 Conclusões

Enquanto o modelo determinístico determina a porcentagem de ingestão extrapolada em relação a IDA, o modelo probabilístico apresenta a probabilidade de a ingestão superar a IDA em determinado cenário.

Na avaliação determinística do risco, a ingestão de agrotóxicos, através do consumo de morangos, nas condições avaliadas, foi considerada baixo para pesos corporais a partir de 30 kg. No entanto, 23% dos ingredientes ativos avaliados apresentaram ingestão acima da IDA em pelo menos um cenário.

Na avaliação probabilística do risco, quando considerados os dados de consumo do presente estudo (cenário 1), a ingestão de i.a. apresentou possibilidade de ser acima da IDA para todos os ingredientes ativos, podendo representar risco à saúde quando consideradas tais condições. Quando considerados os dados de consumo da POF, somente o i.a. procimidona apresentou chance de ingestão acima da IDA.

Procimidona foi o ingrediente ativo com maior potencial de risco. No modelo determinístico, apareceu em 36% dos cenários em que a ingestão superaria a IDA. No modelo probabilístico, apresentou 99,3% e 19,9% de chance de desencadear algum tipo de problema de saúde nos cenários 1 e 2, respectivamente.

4.5 Referências

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/programa-de-analise-de-registro-de-agrotoxicos-para>. Acesso em: 21 set. 2018.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: relatório das amostras analisadas no período de 2017-2018: primeiro ciclo do plano plurianual 2017-2020. Brasília, DF, 2019b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+%E2%80%93+PARA+2017-2018_Final.pdf/e1d0c988-1e69-4054-9a31-70355109acc9. Acesso em: 11 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Boas práticas agrícolas**. Brasília, DF, 10 jan. 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/boas-praticas-agricolas>. Acesso em: 17 fev. 2020.

CALDAS, E.; SOUZA, L. C. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 529-537, 2000.

CARNEIRO, Fernando Ferreira *et al.* (org.). **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. Disponível em: https://www.abrasco.org.br/dossieagrototoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.

D'ÁVILA, Eliany Aparecida Oliveira. **Risco crônico de intoxicação por ingestão de resíduos de produtos fitossanitários pela população do estado do Espírito Santo**. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9533/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 jan. 2020.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Guidance for performing aggregate exposure and risk assessment**. Washington, DC: EPA, Nov. 2001. Disponível em: https://archive.epa.gov/pesticides/trac/web/pdf/aggregate_resp.pdf. Acesso em: 12 nov. 2019.

GARCIA, L. C. **Aplicação de coberturas comestíveis em morangos minimamente processados**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

GAVAHIAN, M. *et al.* A critical analysis of the cold plasma induced lipid oxidation in foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 77, p. 32–41, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418301432?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2021.

GAVAHIAN, Mohsen; SARANGAPANI, Chaitanya; MISRA, N. N. Cold plasma for mitigating agrochemical and pesticide residue in food and water: similarities with ozone and ultraviolet technologies. **Food Research International**, New York, v. 141, [art.] 110138, Jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110138>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996921000351?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2021.

HEO, N. S. *et al.* Microbial inactivation and pesticide removal by remote exposure of atmospheric air plasma in confined environments. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Oxford, v. 117, n. 1, p. 81–85, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.06.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389172313002260?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2021.

JARDIM, Andreia Nunes Oliveira. **Resíduos de pesticidas em alimento: validação de metodologia analítica, análise em frutas e avaliação da exposição da população brasileira pelo método probabilístico**. 2012. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/12067>. Acesso em: 20 ago. 2019.

JARDIM, Andréia Nunes Oliveira; CALDAS, Eloisa Dutra. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1898-1909, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000700036&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 out. 2019.

JOUZI, Z. *et al.* Organic farming and small-scale farmers: main opportunities and challenges. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 132, p. 144–154, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800915306212?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2020.

LOURENÇO, Rita de Cássia. **Discussão sobre o risco das interações de agrotóxicos na dieta brasileira**. 2003. 93 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MELLO, Ana Paula Oliveira Amaral; ZACHARIAS, Marina Barros. Efeito de extrato vegetal no crescimento de *Colletotrichum acutatum* do morangueiro. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, Araras, v. 9, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/view/151/91>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, M. L. *et al.* Strategies for biodegradation and bioremediation of pesticides in the environment. *In*: FUENTES, M.; COLIN, V.; SAEZ, J. (ed.). **Strategies for bioremediation of organic and inorganic pollutants**. Boca Raton: CRC Press, 2018. cap. 6, p. 95-115.

PALISADE BRASIL. **[Dados obtidos da página]**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.palisade-br.com/risk/>. Acesso em: 10 jan. 2020.

PHAN, K. T. K. *et al.* Non-thermal plasma for elimination of pesticide residues in mango. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, New York, v. 48, p. 164–171, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856417314339?via%3Dihub>. Acesso em: 3 mar. 2021.

RAJAGOPAL, B. S. *et al.* Effect and persistence of selected carbamate pesticides in soil. **Residue Reviews**, New York, v. 93, p. 6-19, 1984.

SCHMITZ, F. R. W. *et al.* Influência de sistema de refrigeração não isotérmico sob parâmetros físico-químicos de *Fragaria Vesca* L. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 5, n. 12, [art.] 28729, p. [1-21], 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n12-048. Disponível em:

<http://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/5159/4712>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SILVA, L. O. *et al.* Agrotóxicos: a importância do manejo adequado para a manutenção da saúde. **Nature and Conservation**, Aquidabã, v. 12, n. 1, p. 10-20, jan./abr. 2019. Disponível em:

<http://www.sustenere.co/index.php/nature/article/view/CBPC2318-2881.2019.001.0002/1501>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SOUZA, Elisangeles Baptista de. Culturas com suporte fitossanitário insuficiente – CSFI: normativa e situação atual. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOSSANIDADE - CONBRAF, 5., 2019, Curitiba - PR. **Anais [...]**. [S.l.]: FAEP/SENAR-PR, 2019. Disponível em:

<http://fitossanidade.fcav.unesp.br/seer/index.php/anaisconbraf/article/view/815/240>. Acesso em: 17 fev. 2020.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for predicting dietary intake of pesticides residues**: (revised). Geneva: WHO, 1997.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do perfil de consumo permitiu aferir que os dados de consumo de morangos do grupo estudado estão em consonância com os dados da última Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE (2010). Porém, a coleta de informações relativas à frequência de consumo é um diferencial que pode ser utilizado na construção de modelos de predição de risco mais complexos.

A utilização de questionário *online* para caracterização dos consumidores e obtenção dos dados de consumo configura um diferencial em relação a trabalhos anteriores. A aplicação deste tipo de ferramenta é facilitada na medida em que avança a inclusão digital, permitindo a coleta de um grande número de informações, com agilidade e baixo custo, possibilitando a geração de dados mais propínquos à realidade.

O alto índice de amostras insatisfatórias encontradas neste estudo confirma o recorrente cenário de desconformidade em que se apresenta grande parte dos alimentos no Brasil. Apesar disso, no modelo determinístico, a ingestão de agrotóxicos em quantidades que excedam IDA é pouco frequente quando considerados pesos corporal a partir de 30 kg. No entanto, não se deve descartar o fato de que pode haver interação entre ingredientes ativos de uma mesma amostra ou de outros alimentos presentes na dieta, o que poderia elevar a %IDA a valores inaceitáveis.

No método probabilístico, a probabilidade de ingestão de agrotóxicos em quantidades acima da IDA foi considerada alta para todos os ingredientes ativos avaliados quando utilizados os dados de consumo do presente estudo. Cabe ressaltar que os dados de consumo eram relativos a uma única refeição, refletindo, portanto, o risco de ingestão de resíduos de agrotóxicos de uma refeição. Contudo, quando consideradas os dados de consumo da POF, o risco foi nulo para quase todos os ingredientes ativos, uma vez que a quantidade consumida foi distribuída

ao longo de todos os dias do ano. Ainda assim, o ingrediente ativo procimidona apresentou grande possibilidade de ser ingerido em quantidades acima da IDA, merecendo alerta especial para este ingrediente ativo.

Dados referentes às condições de armazenamento, hábitos de consumo, de higiene e de preparo, bem como informações sobre os procedimentos de aplicação de agrotóxicos à campo e manejo pós colheita, podem ser utilizados na construção e no refinamento de modelos de avaliação de risco. Assim sendo, na medida em que são gerados dados que expressem o cenário real, aumenta a confiabilidade dos processos de caracterização do risco.

Os resultados deste estudo podem auxiliar nos processos de tomada de decisão de agentes extensionistas e governamentais que queiram concentrar seus esforços em determinado ingrediente ativo, buscando entender as causas e medidas para diminuição do seu uso. Podem ser utilizados ainda, para entendimento da atual situação do morango em relação aos resíduos de agrotóxicos, uma vez que o mesmo não foi incluído nos alimentos monitorados no último relatório do PARA (2019).

No que diz respeito à diminuição da incidência de resíduos de agrotóxicos em morangos e demais alimentos de origem vegetal, é de suma importância que a extensão rural seja difundida como ferramenta essencial na construção de uma cadeia produtiva estruturada, capaz de atender as novas demandas do mercado que incluem a produção de alimentos com menor uso de agrotóxicos possível. Para tanto, a utilização de técnicas de manejo integrado de pragas e de doenças e o desenvolvimento de métodos alternativos, eficientes, de controle de patógenos, devem continuar sendo desenvolvidos e difundidos.

Por fim, é recomendada a higienização dos morangos antes do consumo e a adoção de uma dieta equilibrada e diversificada, evitando assim a ingestão de uma grande quantidade de um mesmo alimento. Além disso, cabe aos produtores o cumprimento das Boas Práticas Agrícolas, respeitando as doses e épocas de aplicação, a observância quanto à autorização de uso do ingrediente ativo para a cultura a ser tratada, bem como os períodos de carência, agindo com prudência em respeito e consideração a vida dos consumidores.

6 APÊNDICES

APÊNDICE 1: Questionário aplicado aos entrevistados:

Hábitos de Consumo Morango

Este questionário tem a finalidade de avaliar os hábitos de consumo de morango, de modo a contribuir com informações para elaboração de uma Avaliação de Risco no consumo de morangos com resíduos de agrotóxicos. Os dados gerados farão parte de dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O questionário tem 16 perguntas que podem ser respondidas em cerca de 5 minutos. As respostas são anônimas.

A sua colaboração é parte importante na constituição deste trabalho e desde já agradeço pela participação.

1. Qual o seu sexo?

() Masculino

() Feminino

() Prefiro não informar

2. Qual a sua idade?

() 17 ou menos

() 18 a 20

() 21 a 29

() 30 a 39

() 40 a 49

() 50 a 59

() 60 ou mais

3. Qual o seu grau de instrução?
- Não estudou
 - Ensino fundamental incompleto
 - Ensino fundamental completo
 - Ensino médio incompleto
 - Ensino médio completo
 - Superior incompleto
 - Superior completo
 - Pós-graduação
 - Mestrado
 - Doutorado
 - Pós-doutorado
4. Quantas pessoas moram em sua casa? (Contando com você)
- Moro sozinho (a)
 - Duas pessoas
 - Três
 - Quatro
 - Cinco
 - Mais de cinco
5. Sua residência está localizada em?
- Zona rural
 - Zona urbana
 - Comunidade indígena
 - Comunidade quilombola
6. Somando a sua renda com a renda das pessoas que moram com você, quanto é, aproximadamente, a renda familiar?
- Nenhuma renda
 - Até 1 salário mínimo (até R\$ 998,00 inclusive)
 - De 1 a 2 salários mínimos (de R\$ 998,00 até R\$ 1.996,00 inclusive)
 - De 2 a 5 salários mínimos (de R\$ 1.996,00 até R\$ 4.990,00 inclusive)

- De 5 a 10 salários mínimos (de R\$ 4.990,00 até R\$ 9.980,00 inclusive)
 - De 10 a 30 salários mínimos (de R\$ 9.980,00 até R\$ 29.940,00 inclusive).
 - De 30 a 50 salários mínimos (de R\$ 29.940,00 até R\$ 49.900,00 inclusive).
 - Mais de 50 salários mínimos (mais de R\$ 49.900,00).
7. Você é o responsável pela compra dos alimentos consumidos em sua residência?
- Sim
 - Não
 - Eventualmente
8. Quando você compra morangos, onde os compra normalmente?
- Supermercado
 - Fruteira/Banca de frutas
 - Venda ambulante (no semáforo, por exemplo)
 - Diretamente com o produtor
 - Não compro morangos
9. Com qual frequência você consome morangos?
- Diariamente
 - 1 vez por semana
 - 2 vezes por semana
 - 3 vezes por semana
 - Quinzenalmente
 - Menos de uma vez ao mês
 - Não consumo morangos
10. Se você não consome morangos, por qual motivo não consome?
- Não gosto
 - Preço
 - Medo de intoxicação por agrotóxicos
 - Outros (descreva)

11. Quando você consome morangos, em média, qual a quantidade (gramas) você consome em cada refeição? (Embalagem mais comum é a bandeja com 250 g)
12. Onde você armazena os morangos até o consumo?
- Na geladeira
 - No congelador
 - Temperatura ambiente
13. Por quanto tempo você armazena os morangos antes de consumi-los?
- Até 1 dia
 - 1 até 2 dias
 - 3 até 5 dias
 - 6 até 7 dias
 - Mais de 7 dias
14. Você faz algum tipo de higienização (lavagem) no morango antes de consumi-lo?
- Sim
 - Não
 - Eventualmente
15. Caso faça, poderia descrever como faz? (Se utiliza somente água ou utiliza algum produto, por quanto tempo, se repete o processo...)
16. Quais as formas que você costuma consumir o morango?
- In natura* (o fruto diretamente)
 - Suco
 - Sobremesas
 - Caipirinhas/Coquetéis
 - Outros (descreva)