

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

GISSELI MENEGAT

**AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE OCHRATOXINA A EM MOSTOS DE UVAS *Vitis*
Labrusca NO MUNICÍPIO DE FLORES DA CUNHA**

CAXIAS DO SUL
2025

GISELI MENEGAT

**AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE OCRATOXINA A EM MOSTOS DE UVAS *Vitis*
Labrusca NO MUNICÍPIO DE FLORES DA CUNHA**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial para a aprovação da disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul, sob orientação do Prof. Dr. Marcelo Giovanela.

**CAXIAS DO SUL
2025**

RESUMO

Micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos que ocorrem naturalmente em alimentos. Entre elas, destaca-se a ocratoxina A (OTA), frequentemente encontrada em cereais e vinhos, produzida por espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* e reconhecida por seus efeitos tóxicos. No Brasil, o limite máximo permitido de OTA em vinhos e sucos é de 2,0 µg/L. Apesar de avanços nas pesquisas sobre essa micotoxina, ainda há escassez de informações referentes a uvas americanas ou híbridas (*Vitis labrusca*), predominantes na vitivinicultura brasileira, especialmente no Rio Grande do Sul (RS). Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar a presença e quantificar a concentração de OTA em mostos das variedades Isabel, Bordô, Concord e Niágara Rosada, colhidas na safra de 2025 no município de Flores da Cunha (RS). Os mostos foram preparados a partir da seleção de bagas saudáveis, maceração e separação por peneiramento, sendo posteriormente caracterizados quanto ao grau de maturação por meio de análises físico-químicas, incluindo °Brix, °Babo, densidade e acidez total. A determinação de OTA foi realizada conforme o método OIV-MA-AS315-10, baseado em cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por fluorescência. A metodologia foi adaptada para reduzir a turbidez das amostras, empregando-se filtração em membrana de 0,45 µm. Dos 12 mostos analisados, quatro apresentaram sinais compatíveis com OTA, porém nenhuma amostra apresentou concentração acima do limite estabelecido pela legislação. Esses resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo, evidenciando que a segurança do produto final depende de um controle rigoroso ainda nas etapas iniciais da cadeia produtiva.

Palavras-chave: Mosto de uva. Micotoxina. Ocratoxina A. Cromatografia líquida de alta eficiência. *Vitis labrusca*. Uvas americanas.

ABSTRACT

Mycotoxins are secondary metabolites produced by filamentous fungi that occur naturally in food products. Among them, ochratoxin A (OTA) stands out for its frequent occurrence in cereals and wines, its production by *Aspergillus* and *Penicillium* species, and its well-documented toxic effects. In Brazil, the maximum permitted OTA level in wines and juices is 2.0 µg/L. Despite advances in research on this mycotoxin, information regarding its occurrence in American or hybrid grapes (*Vitis labrusca*), which predominate in Brazilian viticulture, particularly in Rio Grande do Sul (RS), remains limited. In this context, the objective of this study was to assess the presence and quantify the concentration of OTA in musts of the varieties Isabel, Bordô, Concord and Niágara Rosada, harvested during the 2025 season in the municipality of Flores da Cunha (RS). The musts were prepared by selecting healthy berries, followed by maceration and separation through sieving, and were subsequently characterized for their maturation degree through physicochemical analyses including °Brix, °Babo, density and total acidity. OTA determination was conducted according to method OIV-MA-AS315-10, based on high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. The methodology was adapted to reduce sample turbidity by employing filtration through a 0.45 µm membrane. Of the 12 musts analyzed, four showed signals compatible with OTA; however, none presented concentrations above the limit established by Brazilian legislation. These findings reinforce the importance of continuous monitoring, demonstrating that the safety of the final product depends on rigorous control during the earliest stages of the production chain.

Keywords: Grape must. Mycotoxin. Ochratoxin A. High-performance liquid chromatography. *Vitis labrusca*. American grapes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Produção de vinho de mesa no Rio Grande do Sul	10
Figura 2 – Cachos de uva Isabel	12
Figura 3 – Cachos de uva Bordô	13
Figura 4 – Cachos de uva Concord	14
Figura 5 – Cachos de uva Niágara Rosada	15
Figura 6 – Estrutura química das principais ocratoxinas: (a) OTA, (b) OTB, (c) OTC e (d) OT α	19
Figura 7 – Cromatograma de uma amostra de vinho positiva para OTA	26
Figura 8 – Fluxograma do procedimento para preparação dos mostos de uvas	27
Figura 9 – Processo de esmagamento e peneiramento da uva	29
Figura 10 – Balança hidrostática utilizada para a determinação de °Brix, °Babo e densidade	30
Figura 11 – Fluxograma do procedimento utilizado para a análise cromatográfica dos mostos de uva	32
Figura 12 – Sistema para extração e purificação de OTA utilizando IAC	32
Figura 13 – Comparativo entre °Brix e acidez total das variedades de uva analisadas	37
Figura 14 – Avaliação fitossanitária das uvas das variedades: Bordô (A, B, C) , Concord (D, E, F) , Niágara Rosada (G, H, I) e Isabel (J, K, L)	40
Figura 15 – Comparação entre os cromatogramas da amostra padrão de vinho tinto e do mosto de uva teste da variedade Bordô	42
Figura 16 – Pico de retenção da OTA da amostra de uva teste da variedade Bordô	42
Figura 17 – Curva de calibração para a quantificação de OTA	43
Figura 18 – Padrões para análise de OTA: (a) cromatograma com pico de retenção positivo; (b) cromatograma com pico de retenção negativo	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção de uvas no Brasil (em toneladas) no período de 2019 a 2024	7
Tabela 2 – Dados de produção de vinhos do Rio Grande do Sul (em milhões de litros) de 2019 a 2024	10
Tabela 3 – Principais micotoxinas, fungos produtores, efeitos à saúde, alimentos comumente contaminados e natureza química	17
Tabela 4 – Propriedades químicas e físicas da OTA	19
Tabela 5 – Localização e variedade das amostras de uva coletadas	28
Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos aproximados esperados de uvas maduras das variedades Bordô, Concord, Niágara Rosada e Isabel	30
Tabela 7 – Parâmetros de densidade e °Babo das amostras de uva analisadas	38
Tabela 8 – Níveis de OTA nos mostos de uvas analisadas	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°Babo	Unidade de medida que representa teor de açúcar em uvas
°Brix	Unidade de medida que apresenta sólidos solúveis
ABE	Associação Brasileira de Enologia
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CCD	Cromatografia em camada delgada
CG	Cromatografia gasosa
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
HPLC	Cromatografia líquida de alta eficiência (do inglês, <i>High performance liquid chromatography</i>)
IARC	Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (do inglês, <i>International Agency for Research on Cancer</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IAC	Coluna de imunoafinidade (do inglês, <i>immunoaffinity column</i>)
JECFA	Comitê Conjunto de Especialistas em Aditivos Alimentares da FAO/OMS (do inglês, <i>Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives</i>)
LD	Limite de detecção
mEq/L	Miliequivalentes por litro
mL	Mililitro
OIV	Organização Internacional da Vinha e do Vinho
OTA	Ocratoxina A
OTB	Ocratoxina B
OTC	Ocratoxina C
OT α	Ocratoxina α
4-OH OTA	4-hidroxiocratoxina A
PCR	Reação em cadeia da polimerase (do inglês, <i>polymerase chain reaction</i>)
PEG	Polietilenoglicol
RS	Rio Grande do Sul
SISDEVIN	Sistema de Declarações Vinícolas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 A VITICULTURA BRASILEIRA	6
3.1.1 Produção de vinhos e sucos no Brasil	8
3.1.2 Produção de uvas, vinhos e sucos no Rio Grande do Sul	9
3.1.3 Consumo de sucos e vinhos	11
3.2 VARIEDADE DE UVAS “ <i>VITIS LABRUSCA</i> ”	11
3.2.1 Isabel	12
3.2.2 Bordô	13
3.2.3 Concord	13
3.2.4 Niágara Rosada	14
3.2.5 Sanidade das uvas e controle de qualidade de sucos e vinhos	15
3.3 MICOTOXINAS	17
3.4 OCRATOXINA A	18
3.4.1 Características químicas da ocratoxina A	18
3.4.2 Toxicidade da ocratoxina A	20
3.5 CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR POR OCRATOXINA A	21
3.5.1 Legislação	21
3.5.2 Ocorrência de ocratoxina A em sucos e vinhos	21
3.5.3 Métodos analíticos empregados para análise de ocratoxina A	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 LOCAL DAS ANÁLISES LABORATORIAIS	27
4.2 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	27
4.2.1 Análises físico-químicas preliminares	29
4.2.2 Extração e purificação da OTA	31
4.3 ANÁLISE DE OTA POR HPLC	33
4.3.1 Preparação da curva de calibração para análise de OTA	33
4.3.2 Parâmetros da HPLC	34
4.3.3 Otimização do método de análise	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36

5.1 SANIDADE E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS UVAS	36
5.2 ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE OTA PARA MOSTO DE UVA	41
5.3 AVALIAÇÃO DE OTA EM MOSTOS DE UVA	42
5.3.1 Curva de calibração para quantificação de OTA	42
5.3.2 Quantificação dos níveis de OTA em mostos de uva	44
6 CONCLUSÃO	46
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
APÊNDICES	57

1 INTRODUÇÃO

A indústria vinícola brasileira possui grande relevância social e econômica devido ao seu expressivo impacto na geração de emprego e renda nos segmentos de uvas, vinhos de mesa, vinhos finos, espumantes, sucos de uva e demais derivados. Entre 2019 e 2024, o setor apresentou uma produção média anual de 1,6 milhões de toneladas de uva, sendo o estado do Rio Grande do Sul (RS) responsável por cerca de 50% desse total (IBGE,2025a; IBGE,2025b). Atualmente, o estado abriga o maior município produtor de uva do país, Flores da Cunha, que em 2023 produziu cerca de 120 mil toneladas (IBGE,2025c; IBGE, 2025e).

Nesse mesmo período, o vinho de mesa foi o principal produto vinícola do RS, com média anual de produção de 152 milhões de litros (SISDEVIN, 2025). Nos anos mais recentes, o suco de uva ganhou destaque e apresentou forte crescimento. Em 2024, por exemplo, houve um aumento de 73,7% de produção em comparação à safra de 2023 (SISDEVIN, 2024). Para 2025, estima-se que no estado a produção de uvas alcance 900 mil toneladas, representando um crescimento de 35% em relação ao ano anterior (IBGE, 2025d).

De modo geral, o setor vinícola brasileiro, diferentemente de outros países, produz majoritariamente vinhos a partir de uvas não viníferas, da espécie *Vitis labrusca* (*V. labrusca*). Conhecidas como uvas comuns, americanas ou híbridas, essas variedades são amplamente utilizadas para a produção de suco, consumo *in natura*, além de servirem como matéria-prima para a produção de vinhos de mesa no Brasil (Ferranti, 2017). Estima-se que cerca de 82% da produção de vinho do país provenha de variedades de *V. labrusca*, enquanto apenas 18% decorrem de variedades *Vitis vinifera* (*V. vinifera*) (SISDEVIN, 2024).

Com a expansão do mercado vitivinícola, os padrões de qualidade e segurança têm se tornado cada vez mais rigorosos. As condições de produção de uvas, como região e clima podem influenciar tanto a composição química quanto a microbiológica do produto final. A contaminação por fungos e micotoxinas pode ocorrer em qualquer etapa da cadeia produtiva desde a pré-colheita até o armazenamento, incluindo o período entre e após a colheita (Köppen et al., 2010).

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por determinadas espécies de fungos filamentosos que apresentam propriedades tóxicas que, quando presentes em alimentos, representam um risco à segurança alimentar. Dentre as

micotoxinas de maior relevância para a saúde humana, destaca-se a ocratoxina A (OTA) (Curvelo-Garcia, 2015).

A OTA é conhecida por suas propriedades nefrotóxicas, cancerígenas, genotóxicas, imunotóxicas, hepatotóxicas e imunossupressoras. Produzida, ainda no campo, por espécies dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, a OTA é comumente observada em regiões de clima temperado e tropical. Além da área geográfica, fatores como condições climáticas, sanidade das plantas e lesões causadas por insetos nas bagas são considerados fatores condicionantes para a invasão de *Aspergillus carbonarius* (*A. carbonarius*) nas frutas. Em geral, os níveis mais elevados de OTA são encontrados em vinhos tintos, seguidos por concentrações menores em vinhos rosés e brancos (Curvelo-Garcia, 2015; Nunes, 2008; Zimmerli; Dick, 1996).

No Brasil, os limites máximos de OTA em alimentos são regulamentados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) por meio da Instrução Normativa nº160, de julho de 2022. Assim como a União Europeia (EU), o limite máximo tolerado para vinhos, sucos de uvas e seus derivados é de 2,0 µg/L (European Union, 2023; ANVISA, 2022). Diversos métodos têm sido desenvolvidos para a detecção e quantificação de OTA em alimentos, sendo que a maioria se baseia em cromatografia líquida de alta performance (HPLC, da sigla em inglês), com detecção por fluorescência, metodologia também descrita pela Organização Internacional de Vinho (OIV) (OIV-MA-AS315-10).

Zimmerli e Dick (1996) publicaram uma série de estudos sobre a presença de OTA na Europa, encontrando níveis de contaminação de até 388 µg/L em vinhos. Desde então, diversos pesquisadores têm investigado essa micotoxina em derivados de uva, assim como técnicas vinícolas foram aplicadas para minimizar o desenvolvimento e a contaminação do produto final. No entanto, a maioria dos estudos são voltados às variedades da espécie *V. vinifera*, que são cultivadas em várias regiões do mundo, principalmente em países europeus. Por outro lado, há escassez de informações sobre a presença de OTA em variedades de uvas da espécie *V. labrusca*, especialmente no contexto do mercado brasileiro (Ferranti, 2017). No estado do RS, embora existam poucos estudos sobre o tema, os resultados disponíveis indicam baixa contaminação por OTA. Ainda assim, observa-se o desenvolvimento da micotoxina em algumas condições, além da carência de investigações específicas voltadas para a espécie *V. labrusca*.

Considerando que a maior parte da produção do estado utiliza variedades dessa espécie, este trabalho teve por objetivo avaliar e quantificar a presença de OTA em mostos de uva das variedades Isabel, Bordô, Concord e Niágara Rosada durante a safra de 2025 no interior do município de Flores da Cunha (RS), utilizando o método descrito pela OIV com pequenas adaptações. A identificação precoce da contaminação não apenas contribui para a segurança alimentar da população, como também permite a aplicação de práticas vitivinícolas adequadas antes que o produto final chegue ao consumidor.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a presença de ocratoxina A em mostos de uvas da variedade *V. labrusca* na região de Flores da Cunha (RS), contribuindo para a segurança alimentar da população relacionada ao consumo de vinhos e sucos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral deste trabalho fosse alcançado, delinearam-se os seguintes objetivos específicos:

- a) avaliar a sanidade de uvas das variedades Isabel, Bordô, Niágara rosada e Concord, bem como caracterizá-las quanto às suas propriedades físico-químicas, incluindo densidade, acidez total, grau Brix (unidade de medida para sólidos solúveis) e grau Babo (unidade de medida do teor de açúcar em uvas);
- b) realizar adaptações do método da OIV (OIV-MA-AS315-10), utilizado para análises de OTA em vinhos e sucos, visando sua aplicação em mosto de uva;
- c) avaliar a presença ou a ausência da OTA nos mostos de uva das variedades mencionadas acima e quantificar a micotoxina, quando detectada, por meio da técnica de HPLC com detecção por fluorescência;
- d) comparar os resultados obtidos com os limites estabelecidos pela legislação vigente e com dados disponíveis na literatura.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A VITICULTURA BRASILEIRA

As primeiras variedades de uvas chegaram ao Brasil no século XVI, trazidas pelos portugueses à capitania de São Vicente, no atual estado de São Paulo. Inicialmente, foram introduzidas variedades da espécie *V. vinifera*, selecionadas com base nas experiências e tradições vinícolas europeias, embora não fossem plenamente adaptadas ao clima tropical brasileiro. No RS, os primeiros vinhedos com uvas europeias foram implantados no século XVII pelas missões jesuítas, enquanto as uvas americanas só foram introduzidas nas primeiras décadas do século XIX, com a chegada dos imigrantes italianos que impulsionaram de forma decisiva o desenvolvimento da vitivinicultura local (Silva et al., 2015).

No Brasil, as uvas são classificadas em: uvas europeia, americanas ou híbridas. As uvas europeias, também chamadas de uvas finas, incluem as variedades *V. viniferas* e seus híbridos primários. Já as uvas americanas e híbridas são conhecidas como uvas comuns ou rústicas, destacando-se entre elas as variedades *V. labrusca* e *Vitis bourquina*. A vitivinicultura brasileira enfrentou, inicialmente, dificuldades na adaptação das cepas europeias às condições de clima e solo do país. Por outro lado, as uvas americanas, mais resistentes a pragas e doenças, demonstraram maior adaptabilidade e passaram a ser amplamente utilizadas na produção de vinhos e sucos (Silva et al., 2015).

A variedade *V. labrusca*, originária dos Estados Unidos, é amplamente utilizada na produção de sucos e para consumo *in natura*. No Brasil, além desses usos, também serve como matéria-prima para a elaboração de vinhos de mesa. Embora não haja uma data precisa sobre sua introdução no país, o primeiro registro de uma variedade *V. labrusca* refere-se à variedade Isabel (Ferranti, 2017; Camargo; Maia; Ritschel, 2010). Entre as variedades produzidas no RS ao longo dos últimos 20 anos, Isabel, Bordô e Concord permanecem entre as cinco mais cultivadas do estado, desempenhando papel relevante na vitivinicultura regional, especialmente na produção de vinhos de mesa e sucos de uva (SISDEVIN, 2025).

A viticultura é tradicionalmente associada a regiões de clima temperado. No entanto, graças à adaptabilidade de algumas variedades de videiras, o cultivo da uva no Brasil estende-se desde o Sul, onde predominam temperaturas mais amenas, até o semiárido do Nordeste. Em regiões como o Sul e parte do Sudeste, o sistema

produtivo segue um ciclo vegetativo anual, com uma única poda e colheita por ano. Já no semiárido nordestino, especialmente no Vale do São Francisco, em Pernambuco, o cultivo é realizado por meio de irrigação e práticas de manejo específico, o que permite dois ciclos vegetativos e duas podas anuais, resultando em uma ou mais colheitas na mesma área ao longo do ano (Protas; Lazzarotto; Machado, 2024). Os estados brasileiros com maior produtividade são o RS, Pernambuco e São Paulo. A Tabela 1 apresenta os dados de produção de uva dos principais estados nos últimos seis anos.

Tabela 1 – Produção de uvas no Brasil (em toneladas) no período de 2019 a 2024

Brasil e	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Unidades da Federação						
Brasil	1485806	1435538	1748206	1450738	1757891	1763397
Paraíba	2624	2600	2600	2200	1600	1430
Pernambuco	456080	349757	420501	338206	496242	755266
Bahia	71939	55872	70788	75662	72976	55309
Minas Gerais	17424	18780	19908	18656	20127	19235
Espírito Santo	2727	3217	3158	3205	2955	2734
São Paulo	149064	149803	168729	164131	152532	144672
Paraná	53689	54200	46019	51492	43287	56700
Santa Catarina	58975	60378	59721	56590	57617	36927
Rio Grande do Sul	667239	735342	951254	734982	904794	686360
Goiás	2216	1516	1850	1997	2924	2352
Distrito Federal	1425	1425	1425	1425	1425	1293

Fonte: IBGE (2025a); IBGE (2025b)

Nesse período, a produção média anual de uvas no país foi de aproximadamente 1,6 milhões de toneladas, sendo o RS responsável por cerca de metade desse total. Em 2024, devido a fatores climáticos, a produção no estado sofreu uma queda de aproximadamente 24% em comparação ao ano anterior. No entanto, para 2025 a expectativa é de que os volumes retornem aos níveis registrados em 2023 (IBGE,

2025d). Destaca-se, ainda, o município de Flores da Cunha como o maior produtor de uvas do país, local onde foi realizado a amostragem do presente estudo (IBGE, 2025c).

Atualmente, a produção de uvas no Brasil destina-se a diferentes finalidades, sendo voltada tanto para consumo *in natura* quanto para o processamento industrial. De modo geral, as uvas finas de mesa são destinadas ao consumo direto, enquanto as variedades utilizadas no processamento abrangem um conjunto diversificado de uvas americanas, híbridas e também finas (Prottas, 2024).

3.1.1 Produção de vinhos e sucos no Brasil

No contexto da vitivinicultura nacional, o Brasil apresenta uma característica atípica em comparação aos outros países produtores, visto que a maior parte dos vinhos produzidos é proveniente de uvas não viníferas. Os vinhos produzidos a partir de uvas americanas ou híbridas são classificados como vinhos de mesa, caracterizando-se por seu preço acessível e por atenderem ao paladar da maioria da população. Essas mesmas variedades de uva também são amplamente utilizadas na produção de sucos, cuja demanda é significativa no mercado (Prottas; Camargo; Mello, 2006; Silva et al., 2015).

De acordo com a legislação brasileira, o vinho é definido como "a bebida obtida pela fermentação alcoólica total ou parcial de uvas frescas ou de mosto de uva" (Brasil, 2014). O vinho de mesa elaborado com uvas americanas ou híbridas, deve apresentar teor alcoólico entre 8,6 e 14% em volume. Já o vinho fino, embora compartilhe essa mesma faixa de teor alcoólico, é produzido exclusivamente com uvas da espécie *V. vinifera*, o que lhe confere maior complexidade sensorial. Além disso, os vinhos também são classificados quanto ao teor de açúcar residual em três categorias: seco, meio seco e suave.

O suco de uva, por sua vez, é definido como "a bebida não fermentada obtida diretamente da uva fresca, podendo ser parcialmente concentrado e/ou diluído com água potável, sem adição de açúcar" (Brasil, 2014). Diferentemente dos vinhos, o suco não deve apresentar teor alcoólico, exceto por traços naturais limitados a 0,5% em volume.

O Brasil ocupa a 14ª posição no ranking mundial de produção de vinhos e, em 2024, produziu aproximadamente 210 milhões de litros, o que representa cerca de 0,9% da produção global, segundo dados da OIV (2025). Nesse mesmo ano, o RS respondeu por cerca de 60% desse volume, com uma produção estimada de

125,2 milhões de litros (SISDEVIN, 2024). Destaca-se que cerca aproximadamente 80% dessa produção é composta por variedades de *V. labrusca*, o que justifica o foco do presente estudo nas variedades dessa espécie. Já as variedades da espécie *V. vinifera* representam apenas 20% da produção, conforme análise baseada nos dados do Sistema de Declarações Vinícolas (SISDEVIN) da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação do RS.

3.1.2 Produção de uvas, vinhos e sucos no Rio Grande do Sul

Até o início do século XX, a produção de vinhos no Rio Grande do Sul destinava-se majoritariamente ao consumo local, sendo valorizada pelos imigrantes tanto como alimento quanto como elemento de identidade cultural, e não como fonte de renda. Foi somente a partir da década de 1930 que surgiram as primeiras cooperativas vinícolas, marcando o início de um processo de organização produtiva e estímulo à comercialização do vinho. Desde então, o estado consolidou-se como o principal polo vitivinícola do Brasil, posição que mantém até os dias atuais (ABE, 2025).

Esse protagonismo também se reflete nos dados recentes da produção. Em 2023, o RS foi responsável por aproximadamente 61% da área cultivada com videiras no Brasil (IBGE, 2025e) organizadas em seis regiões principais: Campos de Cima da Serra, Serra do Sudeste, Campanha Gaúcha, Alto Uruguai, Região Central e a Serra Gaúcha (Protas; Lazzarotto; Machado, 2024). Esta última se destaca como a maior e mais representativa região vitivinícola do país, com ênfase ao município de Flores da Cunha que lidera em área plantada, cerca de 4,75 mil hectares, e se consolida como o principal produtor de uvas do estado, só em 2023 produzindo em torno de 120 mil toneladas de uvas (IBGE, 2025e).

No estado, o cultivo é caracterizado por uma única poda anual, realizada entre os meses de julho e agosto, seguida por uma colheita concentrada entre janeiro e fevereiro, podendo se estender até o início de março (Protas; Camargo; Mello, 2006). Segundo dados do SISDEVIN (2024), das uvas colhidas no RS em 2024, aproximadamente 485,6 milhões de quilos foram destinados à industrialização, principalmente na produção de sucos e vinhos de mesa. A Tabela 2 apresenta a evolução da produção desses derivados no estado, no período de 2019 a 2024.

Em comparação à safra de 2023, a produção total de suco de uva em 2024 apresentou um aumento expressivo de aproximadamente 73,67%, impulsionado pela crescente demanda por suco de uva integral, associada à busca da população por

hábitos de vida mais saudáveis. Em contrapartida, a produção de vinhos de mesa em 2024 apresentou uma redução de 39,55%, reflexo do crescente investimento nos últimos anos na produção de uvas *V. vinifera*. Essa variedade possibilita a elaboração de vinhos finos, produtos de maior valor agregado e com potencial superior de retorno financeiro, inclusive no mercado internacional. Por esse motivo, produtores têm priorizado a ampliação das áreas destinadas a vinhos finos em detrimento dos vinhos de mesa (SISDEVIN, 2024).

Tabela 2 – Dados de produção de vinhos do Rio Grande do Sul (em milhões de litros) de 2019 a 2024

Ano	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Total vinhos*	182,2	156,5	217,3	242,6	216,1	125,2
Vinhos finos	37,6	32,3	43,4	47,5	46,2	22,5
Vinhos de mesa	144,6	124,2	173,8	195,0	169,7	102,6
Suco	50,9	40,7	68,0	35,2	38,2	66,3

*Inclui vinhos licorosos e outros. Fonte: Bases de dados SISDEVIN (2025)

Como pode ser observado, os vinhos de mesa ainda correspondem a maior porcentagem, 81,9% da produção total de vinhos, no período analisado. Desse total, conforme mostra a Figura 1, apenas 14,3% referem-se a vinhos brancos e 1,5% a rosados, enquanto a maior parte, 84,2%, é composta por vinhos tintos.

Figura 1 – Produção de vinho de mesa no Rio Grande do Sul



Fonte: Base de Dados SISDEVIN (2024)

Esse cenário justifica a escolha, neste estudo, pelo foco em variedades de uvas tintas. Considerando sua expressiva representatividade na produção, compreender as características dessas uvas é fundamental para avaliar a qualidade dos vinhos gerados.

3.1.3 Consumo de sucos e vinhos

Em 2024, o Brasil registrou um consumo estimado de 310 milhões de litros de vinho, o que representa uma queda de 4,3% em relação a 2023, mantendo o consumo 11,4% abaixo da média dos últimos cinco anos, segundo dados da OIV (2025). Apesar dos avanços no setor vinícola, o consumo *per capita* de produtos da cadeia produtiva no país ainda é considerado baixo. Esse cenário pode ser explicado, em parte, pelo valor agregado desses produtos, o que restringe o seu acesso em uma população marcada por grandes desigualdades na distribuição de renda, como apontam Protas, Lazzarotto e Machado (2024).

Quanto ao suco de uva, apesar de ter apresentado crescente investimento nos últimos anos conforme indicado na Tabela 2, o consumo aparente médio *per capita* ainda é considerado baixo. Até 2022, o consumo de suco de uva no país era de aproximadamente 1,03 L por pessoa ao ano, enquanto o de vinho correspondia, em média, a 1,75 L, segundo Protas, Lazzarotto e Machado (2024).

3.2 VARIEDADE DE UVAS “*VITIS LABRUSCA*”

A vitivinicultura brasileira teve sua origem e consolidação com base no cultivo de uvas americanas e híbridas, especialmente das espécies *V. labrusca* e *V. bourquina*. Conforme já mencionado, mais de 80% dos vinhos produzidos do país são elaborados a partir de variedades de *V. labrusca*, que também se destacam na produção de sucos de uva, devido à sua maior resistência a pragas, doenças fúngicas e variações climáticas (Ferranti, 2017; SISDEVIN, 2024).

Originárias da costa leste dos Estados Unidos, região caracterizada por clima temperado-úmido e solos férteis, essas espécies encontraram no sul do Brasil condições semelhantes favorecendo sua excelente adaptação ao ambiente local. Muitas das variedades utilizadas atualmente tiveram origem entre os anos de 1800 e 1850, a partir da seleção natural de plantas silvestres (Camargo; Maia; Ritschel, 2015; Camargo; Maia, 2008). Dentre as principais variedades, destacam-se as uvas como

Isabel, Bordô e Concord, que figuram como as três variedades mais produzidas no RS, em 2023 (EMBRAPA, 2025).

3.2.1 Isabel

A variedade Isabel (Figura 2) é uma das variedades de uva tinta mais antigas cultivadas no Brasil, tendo sido introduzida no RS por volta dos anos de 1840, sem registro preciso. Considerada um híbrido natural entre as espécies *V. labrusca* e *V. vinifera*, destaca-se por sua rusticidade e elevada fertilidade, proporcionando colheitas abundantes mesmo com baixa exigência de manejo (Camargo, Maia; 2008).

Figura 2 – Cachos de uva Isabel



Fonte: o autor, 2025

Quanto às suas propriedades físico-químicas apresenta cerca de 18°Brix e acidez total de 60 mEq/L, valor equivalente a 4,5 g/L de ácido tartárico (Camargo, Maia; 2008).

Seu sabor característico, típico das *labruscas* (intensamente aromático, frutado e muito doce) confere ampla versatilidade no setor vitivinícola, podendo ser usada para diferentes finalidades como na elaboração de vinhos de mesa, vinagre, suco de boa qualidade, doces e geleias (Camargo; Maia; Ritschel, 2015). A expressiva demanda reflete-se no cultivo: somente em 2023, o RS produziu 176,6 milhões de quilos da variedade, consolidando-a como a uva mais cultivada no estado (EMBRAPA, 2025).

3.2.2 Bordô

Introduzida no Brasil por volta de 1904, com origem em Portugal, a variedade Bordô (Figura 3) apresenta boa adaptação às regiões de clima temperado, sendo amplamente cultivada no sul do país com um único ciclo vegetativo por ano. Embora tenha sido testada em regiões mais quentes, como as de clima tropical, a variedade não responde bem ao manejo com dois ciclos vegetativos anuais, prática comum nesses ambientes, apresentando baixo vigor e produtividade, o que limita sua viabilidade econômica nessas condições (Camargo; Maia, 2008). No RS, foram colhidos cerca de 154,3 milhões de quilos dessa variedade apenas em 2023, confirmando sua importância econômica para o setor vitivinícola estadual (EMBRAPA, 2025).

Figura 3 – Cachos de uva Bordô



Fonte: o autor, 2025

Em relação às suas características, a variedade Bordô apresenta baixo potencial de açúcar, com teor médio em torno de 15 °Brix e acidez total de aproximadamente 70 mEq/L, equivalente a 5,25 g/L de ácido tartárico. Os vinhos e sucos elaborados com essa variedade de uva apresentam elevado teor de matéria corante, o que os torna especialmente valiosos em cortes com as variedades Isabel e Concord, contribuindo para intensificar a cor, além de agregar aroma e sabor (Camargo; Maia; Ritschel, 2015; Camargo; Maia, 2008).

3.2.3 Concord

Originária de Massachusetts, nos Estados Unidos, a variedade de uva Concord (Figura 4), mais conhecida como “Francesa” no RS, é amplamente utilizada tanto para

o consumo *in natura* quanto para a elaboração de vinhos e sucos. Introduzida no Brasil no final do século XIX, essa variedade ganhou destaque a partir de 1970 com a expansão da produção de suco de uva concentrado (Camargo; Maia; Ritschel, 2015; Camargo; Maia, 2008).

Figura 4 – Cachos de uva Concord



Fonte: o autor, 2025

A uva Concord apresenta coloração preta, com teor de açúcar variando entre 13 e 16 °Brix e acidez total em torno de 60 mEq/L (equivalente a 4,50 g/L de ácido tartárico). Embora apresente baixo desempenho em regiões tropicais, essa variedade tem se mostrado bem adaptada a regiões subtropicais, onde é cultivada com êxito em ciclo anual (Camargo; Maia, 2008). Em 2023, o RS produziu aproximadamente 25,1 milhões de quilos dessa variedade, destinada principalmente à elaboração de suco de uva (EMBRAPA, 2025).

3.2.4 Niágara Rosada

A variedade Niágara Rosada (Figura 5) originou-se de uma mutação somática da variedade Niágara Branca, identificada em 1933 (Camargo; Maia, 2008). Sendo amplamente cultivada no estado do RS, em 2023, foi registrado uma produção de aproximadamente 15 milhões de quilos de uva (EMBRAPA, 2025).

Embora não seja classificada como uma uva tinta, devido à sua baixa concentração de antocianinas, foi incluída neste trabalho em virtude de sua ampla utilização na elaboração tanto de sucos quanto para o consumo *in natura*. Com sabor

e aroma característicos e agradáveis, além de um teor de açúcar variando entre 15° e 17 °Brix e acidez total de 61 mEq/L, a Niágara Rosada é considerada a principal uva rústica de mesa cultivada no Brasil (Camargo; Maia, 2008; Maia; Camargo, 2012).

Figura 5 – Cachos de uva Niágara Rosada



Fonte: o autor, 2025

3.2.5 Sanidade das uvas e controle de qualidade de sucos e vinhos

O controle rigoroso da matéria-prima é essencial tanto na produção de vinhos quanto de sucos de uva, uma vez que a qualidade do produto final está diretamente relacionada às condições das uvas utilizadas. A seleção das uvas deve considerar aspectos como sanidade, ou seja, estado da saúde e aspectos físicos dos cachos e grãos, grau de maturação e ausência de contaminantes, sendo indispensável o descarte de frutos com sinais de decomposição, danos mecânicos ou contaminações fúngicas.

A diversidade de espécies fúngicas presentes como esporos na superfície de uvas saudáveis varia de acordo com fatores climáticos e geográficos (SIMON, 2006). Para diminuir alguns dos fatores, a EMBRAPA (2018) orienta que a colheita deve ser realizada nos horários mais frescos do dia, utilizando-se caixas limpas e ventiladas para o transporte. Essas práticas são essenciais para preservar a integridade das uvas e evitar fermentações indesejadas antes do processamento.

Além disso, o tempo de permanência da uva na parreira também é um fator determinante para a qualidade do fruto. As bagas (denominação dos grãos que compõem o cacho), após um período prolongado na videira, pode sofrer sobrematuração, condição em que o fruto perde água, começa a murchar e seu suco

torna-se mais concentrado. Por esse motivo, o monitoramento do teor de °Brix (medida direta do teor de sólidos solúveis, principalmente açúcar) é fundamental durante a maturação, pois a alta concentração de açúcares favorece o desenvolvimento de fungos, aumentando o risco de contaminação e comprometendo a integridade das bagas (Simon, 2006). Cada variedade de uva possui um período de maturação ideal e, conseqüentemente, valores esperados de °Brix, os quais serão discutidos na sequência do presente trabalho.

As boas práticas de fabricação envolvem, além de higienização dos ambientes e equipamentos, análises laboratoriais da matéria-prima como a determinação do °Brix, °Babo (medida utilizada para estimar indiretamente a porcentagem de açúcar e prever o teor alcoólico após a fermentação), acidez total (que inclui os ácidos orgânicos como ácido tartárico, ácido cítrico e ácido málico) e pH. Esses critérios são essenciais para garantir a qualidade e a segurança do produto final, influenciando diretamente em atributos como aroma e sabor, determinantes para o perfil sensorial e a aceitação pelo consumidor (EMBRAPA, 2018).

O monitoramento da acidez total, por exemplo, é também um parâmetro fundamental para definir o ponto ideal de colheita e assegurar o equilíbrio sensorial do vinho. De acordo com a Portaria MAPA nº 723, de 9 de outubro de 2024, a acidez total nos vinhos deve situar-se entre 40 e 130 mEq/L (miliequivalentes por litro, unidade de medida usada principalmente na área da enologia para expressar a quantidade de um dos ácidos orgânicos presente no vinho dissolvido em um litro), sendo este último valor considerado o limite para garantir um perfil gustativo equilibrado. Para suco de uva, a Instrução Normativa nº 14/2018 estabelece um valor mínimo de 55 mEq/L. Desvios em relação a essas faixas podem comprometer tanto a estabilidade microbiológica quanto a qualidade organoléptica do produto final.

Durante a maturação, as uvas passam por mudanças significativas que afetam sua composição química e suas propriedades sensoriais. Próximo ao período ideal de colheita, a concentração de açúcares aumenta, enquanto os níveis de acidez diminuem, resultando em um equilíbrio crucial para a produção de vinhos de alta qualidade. As condições de maturação das uvas variam de safra para safra, o que torna essencial o monitoramento anual desse processo (DOMINGOS NETO, 2024).

3.3 MICOTOXINAS

Micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos que podem causar efeitos adversos à saúde animal e humana. Trata-se de contaminantes naturais de difícil controle, que podem estar presentes em alimentos em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde o cultivo até o armazenamento (Curvelo-Garcia, 2015).

Os gêneros fúngicos mais comumente associados à produção de micotoxinas são *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Cerca de 300 compostos já foram identificados como micotoxinas, sendo as aflatoxinas, os tricotecenos, as fumonisinas, a zearalenona, a OTA e a patulina as mais estudadas. A Tabela 3 apresenta essas micotoxinas, seus principais efeitos à saúde, os alimentos comumente contaminados e os fungos produtores (Iamanaka et al., 2010; Curvelo-Garcia, 2015).

Tabela 3 – Principais micotoxinas, fungos produtores, efeitos à saúde, alimentos comumente contaminados e natureza química

Micotoxina	Fungo produtor	Efeitos na saúde	Principais alimentos	Natureza química
Aflatoxina	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. nomius</i>	Hepatotóxico Imunossupressor	Milho Castanha Leite Pimenta	Compostos heterocíclicos altamente oxigenados
Tricotecenos	<i>Fusarium sp.</i>	Hepatotóxico Genotóxico Imunossupressor	Milho Cereais	Sesquiterpenos
Fumonisina	<i>F. verticillioides</i> <i>F. subglutinans</i>	Carcinogênico Hepatotóxico Nefrotóxico Imunossupressor	Milho Aspargos Arroz	Diésteres de propanos
Zearalenona	<i>F. graminearum</i>	Carcinogênico Desequilíbrio hormonal Efeitos reprodutivos	Cereais	Composto heterocíclico Oxigenado
Ocratoxina A	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus</i>	Carcinogênico genotóxico, Imunossupressor Nefrotóxico Doenças do trato urinário	Cereais Café Uva Vinhos/Sucos Pimenta	Amido formado por fenilalanina mais uma cloroisocumarina Oxigenada
Patulina	<i>Penicillium sp.</i> <i>Aspergillus sp.</i> <i>Byssochlamys sp.</i>	Neurológico Gastrointestinal	Maçã Uva Sucos	Derivado da pirona

Fonte: Omotayo et al., 2019; Iamanaka et al., 2010; Pereira; dos Santos, 2011; Köppen et al., 2010

Embora as micotoxinas ocorram naturalmente e sua presença em alimentos seja, em certa medida, inevitável, a gravidade e os sintomas decorrentes da exposição dependem do tipo e da toxicidade de cada composto. Além disso, fatores como a quantidade ingerida, o sexo, a idade, o estado nutricional, as condições de saúde do indivíduo, bem como a duração e a via de exposição, também influenciam significativamente os efeitos tóxicos (Iamanaka et al., 2010; Omotayo et al., 2019).

3.4 OCRATOXINA A

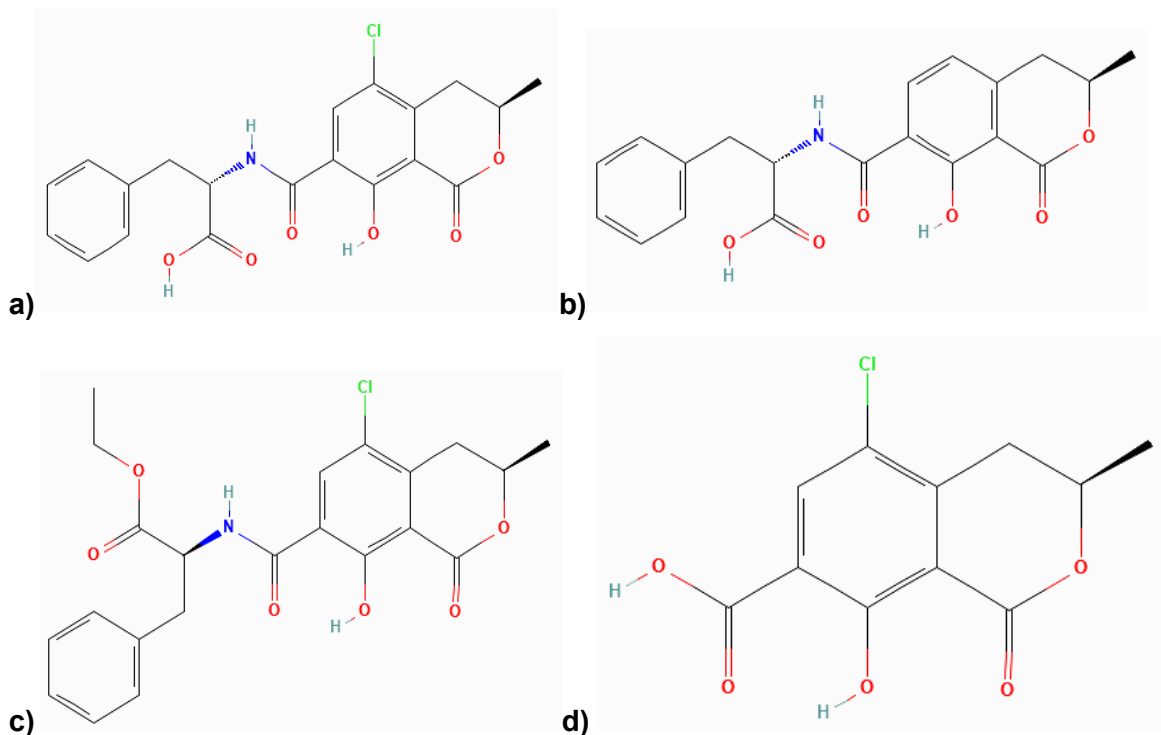
As ocratoxinas são micotoxinas produzidos por fungos de dois gêneros: *Aspergillus* e *Penicillium*. Fazem parte desse grupo a OTA, a ocratoxina B (OTB), a ocratoxina C (OTC), a 4-hidroxiocratoxina A (4-OH OTA) e a ocratoxina α (OT α) (Nunes, 2008). Dentre elas, a mais tóxica e frequentemente detectada é a OTA, produzida principalmente por estirpes de *A. carbonarius*, considerado o principal fungo responsável pela contaminação de uvas e seus derivados, e por *A. niger*, embora estudos indiquem que apenas entre 0,2 e 17% dos isolados dessa espécie sejam capazes de produzi-la em uvas (Curvelo-Garcia, 2015; Ferranti, 2017).

A presença de OTA em produtos derivados da uva deve-se, principalmente, ao desenvolvimento dos fungos ainda na fruta. Os níveis mais elevados de OTA são encontrados em vinhos tintos, sendo progressivamente menores nos vinhos rosés e brancos. Fatores como a localização geográfica, as condições climáticas, a sanidade das uvas e as lesões causadas por insetos nas bagas desempenham um papel importante, pois favorecem a invasão de *A. carbonarius* (Curvelo-Garcia, 2015; Nunes, 2008).

3.4.1 Características químicas da ocratoxina A

Conforme apresentado na Figura 6, a estrutura das ocratoxinas consiste, basicamente, em um anel de di-hidroxi isocumarina ligado, por meio do grupo carboxila na posição 7, à amida da L- β -fenilalanina. A OT α não possui o grupo fenilalanina, enquanto a OTB é a menos tóxica do grupo e não ocorre naturalmente. A estrutura química da OTA (C₁₀H₁₈O₆NCl, Figura 6a) inclui um átomo de cloro na posição 5, além de um grupo hidroxila fenólico, características que a tornam a ocratoxina mais tóxica (Nunes, 2008).

Figura 6 – Estrutura química das principais ocratoxinas: (a) OTA, (b) OTB, (c) OTC e (d) OT α



Fonte: PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

A OTA é considerada um ácido orgânico fraco, com pK_a de 4,2 a 4,4 para o grupo carboxila da fenilalanina e 7,0 a 7,3 para o grupamento hidroxila da isocumarina. É pouco solúvel em água pura, mas exibe boa solubilidade em solventes orgânicos, como clorofórmio, metanol e etanol, conforme expresso na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades químicas e físicas da OTA

Propriedades	Informação
Peso molecular	403,8 g/mol ^b
Densidade	1,366 g/mL ^a
Ponto de fusão	169 °C ^a
Solubilidade em água a 25°C	1,31 mg/L ^a
Solubilidade em clorofórmio	9,80 – 10,20 mg/mL ^b
Solubilidade em metanol	10 mg/mL ^c
Pressão de vapor	$7,56 \times 10^{-15}$ mmHg a 25 °C ^a

Fonte: ^a UNITED STATES, 2021; ^b SIGMA-ALDRICH, 2025; ^c FERMENTEK, 2025.

Sua solubilidade aumenta em meio alcalino, o que permite sua extração, por exemplo, com soluções de bicarbonato de sódio (NaHCO₃), enquanto em pH ácido ou neutro sua solubilidade é bastante limitada. Além disso, apresenta fluorescência

máxima em 428 e 467 nm em etanol absoluto e etanol 96%, respectivamente (Ricci et al., 2021; Nunes, 2008). A OTA é também altamente termorresistente, com ponto de fusão em aproximadamente 169°C (UNITED STATES, 2021).

Conforme mencionado, a OTA apresenta alta estabilidade, especialmente em meios ácidos, como vinhos e sucos, o que dificulta sua degradação durante o processamento. Além disso, a micotoxina é relativamente resistente ao calor. De acordo com Ricci et al. (2021), ela pode resistir a até 3 h à esterilização a vapor sob alta pressão a 121 °C, sem sofrer degradação completa, e mesmo em temperaturas mais elevadas, como 250 °C, sua decomposição ainda não é total. Esse comportamento evidencia a alta resistência da micotoxina a tratamentos térmicos convencionais, como a pasteurização, o que explica sua persistência em alimentos processados, incluindo sucos de uva.

3.4.2 Toxicidade da ocratoxina A

A OTA é classificada pela Agência Internacional de Pesquisa do Câncer (IARC, da sigla em inglês) como do Grupo 2B-Suspeito Carcinógeno Humano, ou seja, é considerada uma substância carcinogênica para humanos, figurando entre as cinco toxinas mais tóxicas (IARC, 2025). Além disso, a OTA apresenta propriedades genotóxicas, imunossupressoras, nefrotóxicas e pode induzir doenças do trato urinário superior, conforme detalhado na Tabela 3.

A exposição à OTA ocorre, geralmente, pelo consumo recorrente de alimentos contaminados com baixo nível desta toxina. Após a ingestão, a OTA é absorvida principalmente pelo intestino delgado, ligando-se rapidamente às proteínas plasmáticas e alcançando os rins. Sua ação tóxica se concentra, em grande parte, no sistema renal, podendo causar desde alterações no volume renal e na urina até disfunções mais graves da função renal. Como a micotoxina tem a capacidade de se associar a proteínas plasmáticas, sua permanência na corrente sanguínea é prolongada, estendendo os efeitos nocivos no organismo (Ricci et al., 2021; Pereira; Dos Santos, 2011).

Essa interação favorece a liberação gradual da micotoxina para os tecidos ao longo do tempo, além de dificultar sua eliminação. A exposição prolongada pode prejudicar o sistema imunológico, diminuindo a capacidade do organismo de combater infecções e aumentando a vulnerabilidade a doenças. Em casos mais graves, a exposição contínua à OTA está associada ao desenvolvimento de adenomas e

tumores renais, tornando-a um agente de risco significativo para a saúde humana (Pereira; Dos Santos, 2011).

3.5 CONTAMINAÇÃO ALIMENTAR POR OCRATOXINA A

A OTA já foi identificada em uma ampla variedade de alimentos, incluindo grãos, legumes, café, cacau, frutas secas, amendoim, laticínios, carne, coco, cerveja, além de produtos derivados da uva, como passas e vinho (Iamanaka et al., 2010; Zimmerli; Dick, 1996).

A contaminação por fungos e micotoxinas pode ocorrer em qualquer etapa da cadeia produtiva desde a pré-colheita até o armazenamento, abrangendo também o período entre e após a colheita (Köppen et al., 2010). Fatores como temperatura, umidade e clima são determinantes na ocorrência dessa contaminação. Dentre os alimentos mais frequentemente contaminados, destacam-se os cereais, seguidos pelos vinhos (Ferranti, 2017; Lee; Kim; Ryu, 2024).

3.5.1 Legislação

Devido aos efeitos potencialmente nefrotóxicos e carcinogênicos da OTA, diversos países estabeleceram limites máximos permitidos para sua presença em alimentos e bebidas, com o objetivo de proteger a saúde pública.

Na UE, o Regulamento (UE) 2023/915 estabelece o limite máximo de OTA em vinhos, incluindo vinhos espumantes, bem como em sucos de uva, fixado em 2,0 µg/kg (European Union, 2023). Adicionalmente, o Comitê Conjunto de Especialistas em Aditivos Alimentares da FAO/OMS (JECFA, da sigla em inglês), estabeleceu uma ingestão diária tolerável para OTA de 0,005 µg/kg de peso corporal (JECFA, 2007).

No Brasil, a ANVISA regulamenta os teores permitidos de OTA por meio da Instrução Normativa nº 160, de julho de 2022. De acordo com essa normativa, o limite máximo de OTA para vinhos e seus derivados, como sucos e polpas de uva, é de 2,0 µg/L, valor que se alinha aos padrões adotados pela UE (ANVISA, 2022).

3.5.2 Ocorrência de ocratoxina A em sucos e vinhos

A presença da OTA já foi relatada em vinhos produzidos com uvas da espécie *V. vinifera* em diversas partes do mundo com níveis de contaminação variando consideravelmente. Um dos primeiros estudos de isolamento da micotoxina,

conduzido por Zimmerli e Dick (1996), na Europa, analisou 133 amostras de vinhos e detectou concentrações de OTA de até 388 µg/L. Os autores observaram que os níveis de OTA eram mais elevados em vinhos tintos, seguidos por rosés e brancos. No caso dos sucos de uva tinta analisados a média de concentração de OTA foi de 116 µg/L.

Estudos posteriores reafirmaram as descobertas de Zimmerli e Dick (1996). Pena et al. (2010), por exemplo, constataram que a presença de OTA em vinhos portugueses também era maior em vinhos tintos, seguidos por rosés e brancos. Dentre as 60 amostras analisadas, 12 apresentaram a micotoxina, sendo que entre elas 9 eram vinho tinto, mas apenas uma ultrapassou o limite estabelecido pela legislação europeia de 2,0 µg/L.

De forma semelhante, Remiró et al. (2013) analisaram 96 amostras de vinhos tintos de nove países mediterrâneos (Espanha, França, Itália, Croácia, Grécia, Turquia, Israel, Tunísia e Argélia). A OTA foi detectada em 99% das amostras, porém nenhuma acima do limite estabelecido pela legislação europeia. A maior concentração encontrada foi de 0,455 µg/L em um vinho africano. O estudo também sugeriu que condições climáticas mais quentes e secas favorecem a contaminação.

No contexto sul-americano, Vega et al. (2013) investigaram a presença de OTA em 1188 vinhos chilenos produzidos entre 2007 e 2009, provenientes de diversas regiões vinícolas do país, com diferentes condições climáticas e variedades de uvas. A OTA foi detectada em níveis vestigiais (entre o limite de detecção e o limite de quantificação) em 1,09% das amostras, enquanto 1,76% foram detectadas em níveis quantificáveis, sendo que a maior concentração encontrada foi de 0,35 µg/L, abaixo dos limites internacionais.

Resultados semelhantes foram observados por Oteiza et al. (2017) ao analisarem 801 amostras de vinhos e 1356 amostras de uvas produzidas na Argentina, entre 2005 e 2013, em diferentes regiões. Do total, 19 amostras de uvas e 2 amostras de vinhos apresentaram concentrações detectáveis de OTA, sendo que a maior concentração identificada foi de 3,6 µg/L em uma amostra de uva, valor superior ao limite máximo estabelecido pela legislação.

No Brasil, Terra et al. (2013) analisaram 34 amostras de vinhos e sucos de uva, das quais 38,24% apresentaram OTA em concentrações entre 0,03 e 0,62 µg/L, ainda assim, abaixo do limite máximo estabelecidos pela legislação brasileira (2,0 µg/L). Entre as amostras contaminadas, apenas uma correspondia a vinho branco,

corroborando estudos anteriores que apontam maior incidência de OTA em vinhos tintos. Em outra investigação, Shundo et al. (2006) detectaram OTA em 9 das 29 amostras de vinho avaliadas, com concentrações variando de 0,10 a 1,33 µg/L, destacando-se que a maior delas ocorreu em vinhos do Vale do São Francisco, possivelmente em função das condições climáticas específicas dessa região.

Complementarmente, Welke et al. (2010) identificaram OTA em concentração de 4,5 µg/L, em uma das 34 amostras de vinhos tintos do RS. Já Freire et al. (2020) relataram que os níveis finais de OTA em vinhos produzidos a partir de uvas *V. vinifera* não excederam os limites estabelecidos pela legislação, além de observarem uma redução significativa da micotoxina após o processo de vinificação: 90,72% nos vinhos brancos, 92,44% nos rosés e 88,15% nos tintos.

As técnicas utilizadas para a redução de OTA estão alinhadas com as observações de Lee, Kim e Ryu (2024), que destacam o papel das fermentações alcoólica e malolática na diminuição da micotoxina no vinho, devido à adsorção promovida por leveduras e bactérias lácticas. Além disso, o processo de clarificação, com o uso de agentes como bentonita e carvão ativado, também contribui para a remoção parcial da toxina por adsorção.

Embora os dados apresentados se refiram principalmente à variedade *V. vinifera*, que é amplamente utilizada na produção de vinhos europeus, cabe ressaltar que o Brasil utiliza predominantemente uvas da variedade *V. labrusca*. Nesse sentido, Ferranti (2017) investigou 88 amostras de uvas *V. labrusca* e híbridas provenientes de diferentes regiões do Brasil e não detectou contaminação por OTA. No entanto, 3,2% dos 2.042 isolados de *A. nigr*i obtidos dessas amostras foram capazes de produzir OTA em condições *in vitro*, demonstrando o potencial de contaminação caso fatores ambientais favoreçam o desenvolvimento fúngico. Esses resultados reforçam que a produção de OTA pode ocorrer em diferentes etapas do processo produtivo, desde que as condições ambientais sejam propícias, o que também depende das características climáticas de cada safra.

Além disso, Nunes (2008) investigou a presença de OTA e outros contaminantes em 32 amostras de uvas das espécies *V. vinifera* e *V. labrusca*, cultivadas em diferentes regiões de Santa Catarina. O estudo revelou que 40,6% das amostras analisadas estavam contaminadas, com níveis de OTA variando entre 0,076 e 0,124 µg/kg. O processo de vinificação também resultou em uma redução superior a 80% nos níveis da micotoxina após a fermentação alcoólica. Apesar da presença do

contaminante, os níveis detectados permanecem abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação vigente.

Adicionalmente, Dachery, Manfroi e Welke (2016) investigaram a presença de OTA em sucos de uva das variedades Bordô, Concord e Niágara Rosada, colhidas entre 2010 e 2012 na região da Serra Gaúcha. Das 41 amostras, nenhuma apresentou níveis de OTA superiores a 0,05 µg/L. No estudo de 2017, Dachery et al. observaram que as uvas Concord apresentaram os maiores níveis de OTA, em comparação com as uvas Cabernet Sauvignon e Moscato Itáliaico, que foram cultivadas no mesmo vinhedo e período. Durante a produção de suco, a extração a vapor reduziu os níveis de OTA em 73%, enquanto as etapas de vinificação reduziram esses níveis em 66% no vinho tinto e 44% no vinho branco, evidenciando a importância desse processo na diminuição da contaminação por OTA. No entanto, a autora alerta que, apesar dessas reduções, o consumo de suco de uva ainda pode levar à ingestão de OTA acima dos níveis toleráveis estabelecidos pelo JECFA, o que pode representar um risco à saúde humana.

No contexto dos fatores que favorecem ou limitam a presença de OTA, Back et al. (2013) afirma que o excesso de chuva torna a videira mais vulnerável às doenças fúngicas e pragas, além de possuir uma relação direta com a produtividade e a qualidade do produto final. Simon (2006) avaliou uvas *V. vinifera* da Serra Gaúcha, sob diferentes condições fitossanitárias, não conseguindo estabelecer uma relação direta entre a sanidade da uva com o teor de OTA, pois todas as amostras permaneceram abaixo dos limites legais. Para Dambrós (2013), vinhos produzidos em regiões de baixas latitudes geralmente apresentam maior contaminação com OTA do que os vinhos produzidos em latitudes mais altas, onde o clima não é tão favorável ao crescimento dos fungos produtores. Isso evidencia a complexidade das variáveis envolvidas na contaminação por micotoxinas, como o clima, a variedade da uva, o estágio de maturação e as práticas agrícolas.

Apesar da baixa incidência de OTA em vinhos e sucos brasileiros, sua presença, mesmo em níveis inferiores ao permitido pela legislação, indica que há o desenvolvimento da micotoxina. Fatores ambientais e produtivos, especialmente influenciada pelas condições específicas de cada safra, o aumento das temperaturas médias, a maior frequência de eventos climáticos extremos e a alteração dos padrões de precipitação podem levar a maturações desiguais e a uma maior incidência de estresses abióticos. Além disso, ressalta-se que há uma lacuna de conhecimento

sobre a sua presença em variedades menos estudadas, como as de *V. labrusca*, mesmo que a espécie apresente maior resistência a pragas e fungos.

Diante do exposto, a presença de OTA em níveis baixos, porém detectáveis, ainda representa riscos à saúde humana considerando que seu desenvolvimento pode ocorrer em qualquer etapa da cadeia produtiva. Desta forma, é necessário o acompanhamento não apenas do produto final, mas também da matéria-prima e produtos intermediários. Sendo assim, torna-se essencial aprofundar os estudos sobre os mecanismos que determinam a presença ou ausência da OTA em diferentes anos, especialmente em variedades menos estudadas, contribuindo também com o avanço do setor enológico.

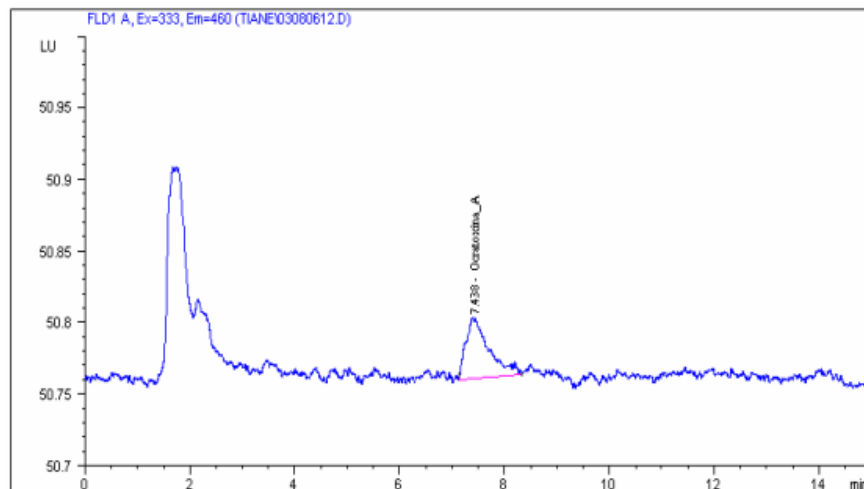
3.5.3 Métodos analíticos empregados para análise de ocratoxina A

Diversos métodos analíticos têm sido desenvolvidos para a detecção e quantificação da OTA em alimentos, incluindo cromatografia em camada delgada (CCD), cromatografia gasosa (CG) e espectrometria de massas acoplada à cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC-MS). Esta última é especialmente eficaz por sua alta sensibilidade e especificidade, permitindo a identificação da micotoxina em concentrações extremamente baixas. Além dessas abordagens, técnicas moleculares como a reação em cadeia da polimerase (PCR) e a PCR em tempo real também são empregadas para detectar espécies fúngicas produtoras de micotoxinas por meio da amplificação de sequências específicas do DNA fúngico (Agriopoulou et al., 2020; Lacerda et al., 2021)

Entretanto, no caso de uvas e seus derivados, os métodos mais utilizados baseiam-se em HPLC. O método oficial da OIV, denominado OIV-MA-AS315-10, estabelece o protocolo para análise de OTA em vinhos tintos, rosés e brancos por HPLC com detecção por fluorescência. A partir do método, é esperado que o cromatograma apresente um pico de retenção em torno de 7,4 min para uma amostra positiva de OTA, conforme ilustra a Figura 7.

Esse procedimento envolve as etapas de extração, purificação, quantificação e identificação da micotoxina. Inicialmente, as amostras são diluídas em uma solução contendo polietilenoglicol e NaHCO₃, sendo posteriormente filtradas e submetidas à purificação por meio de uma coluna de imunoafinidade (OIV, 2011).

Figura 7 – Cromatograma de uma amostra de vinho positiva para OTA



Fonte: Simon, 2006

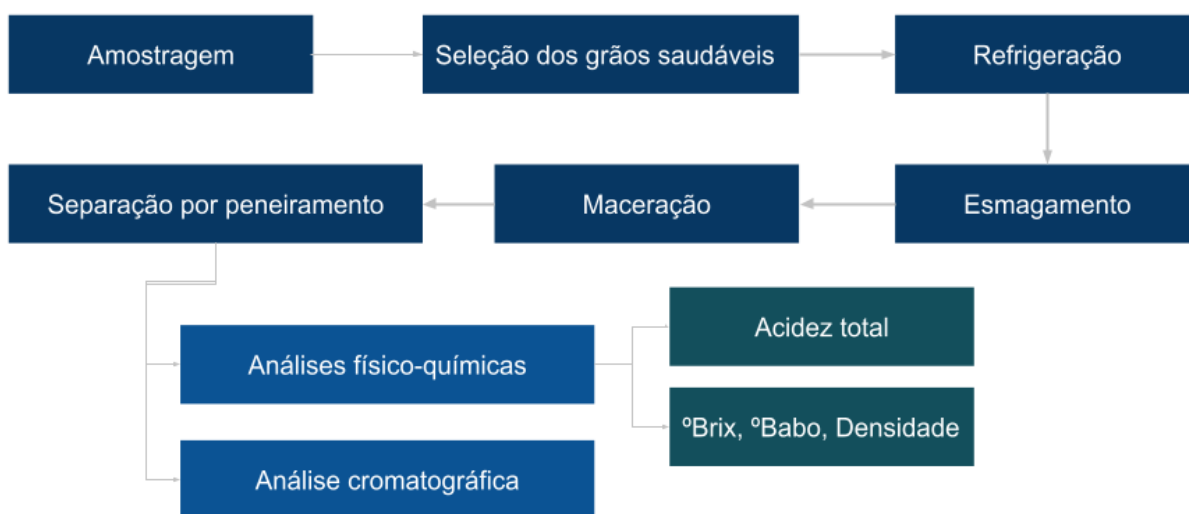
Durante essa etapa, os anticorpos presentes na coluna se ligam seletivamente à OTA, permitindo a remoção de compostos interferentes por meio de lavagens. A micotoxina é então eluída com um solvente apropriado, geralmente metanol, e, em seguida, analisada por métodos cromatográficos e espectrométricos, de acordo com os requisitos do estudo (Agriopoulou et al., 2020).

A metodologia proposta pela OIV pode ser aplicada a diferentes matrizes derivadas da uva. No entanto, mostos com elevados teores de sólidos insolúveis requerem cuidados adicionais nas etapas de filtração e purificação na coluna de imunoafinidade, podendo demandar ajustes no método para garantir sua eficiência.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de quantificar a OTA presente nos mostos de uvas, adotou-se um procedimento de preparação das amostras, que incluiu desde a coleta até a separação das alíquotas para as análises laboratoriais, conforme ilustra o fluxograma apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Fluxograma do procedimento para preparação dos mostos de uvas



Fonte: o autor, 2025

4.1 LOCAL DAS ANÁLISES LABORATORIAIS

Todo o desenvolvimento da pesquisa, incluindo a preparação das amostras, as análises físico-químicas e as análises cromatográficas, foi realizado em um laboratório parceiro, o Laboratório Lavin, localizado no município de Flores da Cunha (RS). O laboratório é acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro para ensaios conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17025 e reconhecido pela Rede Metrológica Rio Grande do Sul. Os materiais e reagentes utilizados para a análise de OTA foram disponibilizados pelo próprio laboratório, que demonstra grande interesse em pesquisas voltadas a essa temática devido às suas principais matrizes de atuação, incluindo vinhos, sucos, uvas e demais derivados.

4.2 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

A etapa de amostragem foi fundamental para assegurar a representatividade e a qualidade dos dados obtidos ao longo deste trabalho. Neste estudo, 12 uvas tintas

saudáveis foram selecionadas diretamente nos parreirais, obedecendo a critérios de maturação e integridade física dos frutos. Para tanto, foram coletadas três amostras de cada uma das variedades Bordô, Concord, Niágara Rosada e Isabel, provenientes de diferentes localidades situadas no interior do município de Flores da Cunha (RS), conforme apresentado na Tabela 5. A seleção das propriedades rurais foi realizada de forma aleatória, considerando a disponibilidade dos agricultores.

As uvas das variedades Bordô, Concord e Niágara Rosada foram coletadas em um único dia no fim do mês de janeiro (dia 30/01) do corrente ano. Após a coleta, essas amostras foram armazenadas sob refrigeração, entre 0 e 10 °C, por aproximadamente 24 h. As uvas da variedade Isabel, por sua vez, foram colhidas no início do mês de março (dia 04/03), em razão de sua maturação mais tardia, e submetidas ao mesmo procedimento de refrigeração, com o objetivo de manter a uniformidade no tratamento de todas as amostras.

Tabela 5 – Localização e variedade das amostras de uva coletadas

Amostra	Localização	Variedade
A	Travessão 7 de setembro	Bordô
B	Travessão Alfredo Chaves	Bordô
C	Travessão Alfredo Chaves	Bordô
D	Travessão Martins	Concord
E	Mato Perso	Concord
F	Capela São Paulo	Concord
G	Travessão Martins	Niágara Rosada
H	Travessão Alfredo Chaves	Niágara Rosada
I	Mato Perso	Niágara Rosada
J	Travessão Alfredo Chaves	Isabel
K	Mato Perso	Isabel
L	Travessão 7 de setembro	Isabel

Fonte: o autor, 2025

A data de coleta foi definida de modo a coincidir, tanto quanto possível, com o período de maturação da maioria das variedades. Como consequência, foram obtidas uvas em diferentes estágios de maturação. A amostragem foi realizada de forma homogênea, por meio da coleta de pequenos números de cachos provenientes de diferentes parreirais, até totalizar entre 700 g e 1 kg de uvas. Durante o transporte até o laboratório, as amostras foram mantidas à temperatura ambiente.

Para a preparação das amostras destinadas às análises físico-químicas e à extração de OTA, aproximadamente 700 g de uvas foram colocadas em um saco plástico esterilizado e posteriormente esmagadas. Utilizaram-se apenas uvas em bom estado fitossanitário, ou seja, sem sinais de podridão, secura excessiva ou danos causados por fungos ou animais. A escolha por bagas saudáveis teve por objetivo reproduzir o padrão de seleção normalmente adotado em vinícolas ou em ambientes de comercialização da uva *in natura*.

O esmagamento foi realizado manualmente, pressionando-se as mãos sobre o plástico contendo as uvas até que o suco interno se desprendesse das bagas. O suco resultante desse processo é chamado de mosto e, quanto maior o teor de líquido nas bagas, mais facilmente ele é separado. Após o esmagamento, o mosto permaneceu em contato com as bagas por, no mínimo, uma 1 h. Após o esmagamento, realizou-se a separação do mosto por peneiramento (Figura 9), reservando-se 150 mL para as análises físico-químicas preliminares e destinando-se o restante à extração de OTA.

Figura 9 – Processo de esmagamento e peneiramento da uva



Fonte: o autor, 2025

4.2.1 Análises físico-químicas preliminares

Para assegurar que as uvas estivessem suficientemente maduras e, portanto, aptas para serem utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, os valores de °Brix e

acidez total foram comparados com os dados de referência apresentados na literatura e na Tabela 6.

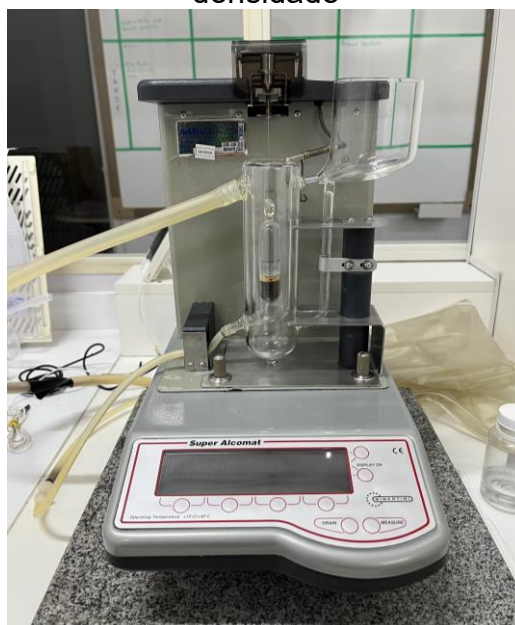
Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos aproximados esperados de uvas maduras das variedades Bordô, Concord, Niágara Rosada e Isabel

Variedade	°Brix	Acidez total (mEq/L)
Bordô	15	70
Concord	entre 13 e 16	60
Niágara Rosada	entre 15 e 17	61
Isabel	18	60

Fonte: Camargo; Maia; Ritschel, 2015; Camargo; Maia, 2008.

As análises físico-químicas preliminares incluíram a determinação de °Brix, °Babo, densidade e acidez total. Para as análises de °Brix, °Babo e densidade, foram utilizados 100 mL de mosto peneirado e homogeneizado, de forma a garantir que todos os sólidos estivessem presentes na amostra analisada. Os três parâmetros foram determinados com o uso de uma balança eletrônica hidrostática, da marca Gibertini, modelo SuperAlcomart (Figura 10).

Figura 10 – Balança hidrostática utilizada para a determinação de °Brix, °Babo e densidade



Fonte: o autor, 2025

A acidez total foi quantificada por meio de titulação ácido-base, conforme o método OIV-MA-AS313-01, estabelecido pela OIV. Para essa análise, 50 mL de mosto

foram centrifugados, promovendo a separação dos sólidos do mosto restante. A partir dessa alíquota, foi pipetado e transferido 10 mL para um Erlenmeyer contendo 30 mL de água destilada. Como indicador, utilizou-se azul de bromotimol 0,4% (m/V) e como titulante uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, ambos da NEON.

A acidez total corresponde à soma de todos os ácidos tituláveis, como os ácidos acético, tartárico, málico, entre outros. A titulação foi conduzida até pH 7,0, sendo o ponto final indicado pela mudança de cor do indicador de laranja para azul esverdeado.

Os resultados de acidez total foram expressos em mEq/L, de acordo com a Equação (1), utilizando fator de correção (fc) de 0,9921 e volume de amostra (V) de 10 mL:

$$At = V \times n \times fc \quad (1)$$

onde,

At = acidez total (em mEq/L);

V = volume da amostra (em mL);

n = volume da solução de NaOH 0,1 mol/L gasto na titulação (em mL);

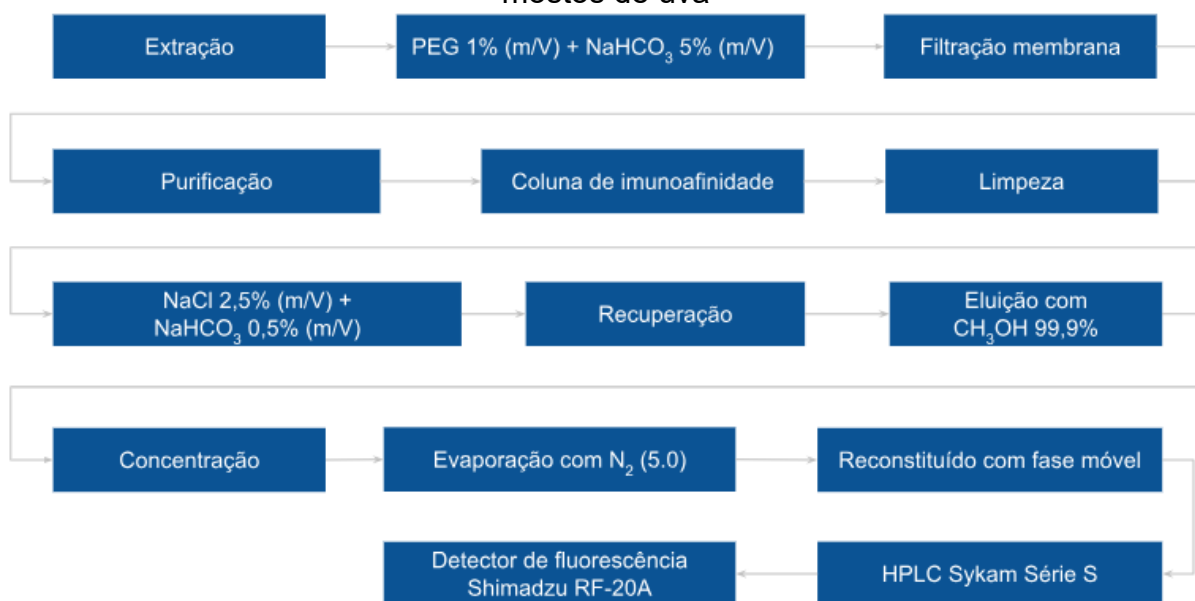
fc = fator de correção da solução de NaOH.

4.2.2 Extração e purificação da OTA

De acordo com o método descrito pela OIV e o procedimento interno do Laboratório Lavin, a análise de OTA consiste na extração da amostra com uma solução de polietilenoglicol (PEG) e NaHCO₃, seguida de filtração, purificação e limpeza em coluna de imunoafinidade (IAC, da sigla em inglês). A OTA é, então, eluída com metanol, evaporada sob fluxo de gás nitrogênio, reconstituída com a fase móvel e, por fim, quantificada por HPLC com detector de fluorescência, conforme ilustrado no fluxograma Figura 11.

A partir da amostra previamente centrifugada, foi realizada uma diluição contendo 10 mL do sobrenadante da amostra e 10 mL de uma solução contendo PEG 1% (m/V) e NaHCO₃ 5% (m/V), ambos da Sigma-Aldrich. Devido à turbidez das amostras, foi necessária a utilização de membrana de microfibras de vidro Whatman 934-AH 47mm de diâmetro e, posteriormente, membrana com poro menor PVDF 0,45 µm Durapore, para assegurar adequada filtração da solução.

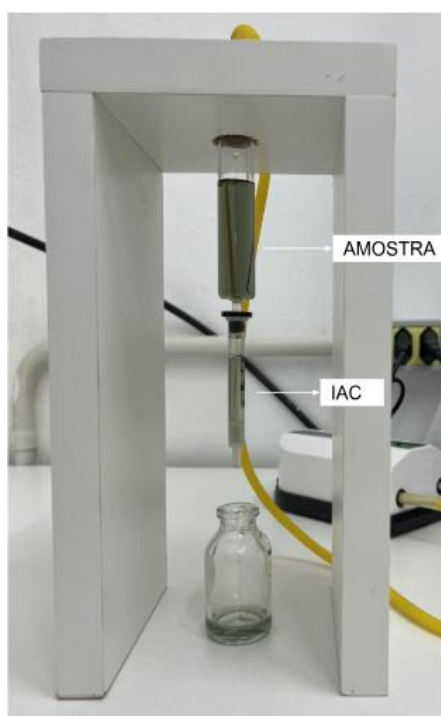
Figura 11 – Fluxograma do procedimento utilizado para a análise cromatográfica dos mostos de uva



Fonte: o autor, 2025

Na sequência, 10 mL da amostra filtrada foram purificadas em uma IAC Ochratest Vicam, modelo 13012, sob fluxo controlado de uma gota por segundo. A Figura 12 apresenta o sistema utilizado para essa finalidade.

Figura 12 – Sistema para extração e purificação de OTA utilizando IAC



Fonte: o autor, 2025

A coluna foi lavada com 5 mL de uma solução contendo cloreto de sódio (NaCl) 2,5% (m/V) e NaHCO₃ 0,5% (m/V), ambos da Vetec, seguida de uma lavagem com 5 mL de água destilada, mantendo-se o fluxo entre uma e duas gotas por segundo. Esse fluxo deve permanecer constante, sendo interrompido apenas durante a eluição com metanol.

A eluição da OTA foi realizada com 2 mL de metanol 99,9% da Sigma-Aldrich, coletando-se o extrato em um vial apropriado. O eluato foi, então, evaporado com gás nitrogênio (5.0) a 50°C e reconstituído com 250 µL da fase móvel composta por acetonitrila-água-ácido acético (99:99:2, v/v/v), sendo a mesma utilizada no cromatógrafo. Para a análise por HPLC, o extrato reconstituído foi transferido para um vial com cone e injetado no equipamento, realizando-se as leituras em duplicata.

4.3 ANÁLISE DE OTA POR HPLC

4.3.1 Preparação da curva de calibração para análise de OTA

A curva de calibração é renovada a cada 6 meses, conforme procedimento estabelecido pelo laboratório, sendo acompanhada diariamente por uma amostra padrão. Para garantir a confiabilidade dos resultados, uma nova curva foi elaborada no mesmo período em que as amostras foram recebidas no laboratório.

A solução mãe de OTA (100 µg/L) foi preparada a partir de uma solução padrão de OTA a 50 µg/mL em benzeno:ácido acético (99:1 v/v) (Sigma-Aldrich). O procedimento consistiu na diluição de 1 mL do padrão com 4 mL de uma solução tolueno-ácido acético (99:1, v/v), também da Sigma-Aldrich, obtendo-se, uma solução intermediária de 10 mg/L, que foi armazenada sob refrigeração.

Para a obtenção da curva de calibração, 100 µL da solução intermediária foi evaporada com gás nitrogênio (5.0) a 50 °C e redissolvida em 10 mL da fase móvel composta por acetonitrila-água-ácido acético (99:99:2, v/v/v), resultando na solução padrão de 100 µg/L.

A partir dessa solução padrão, foram preparadas as diluições necessárias para obter os seguintes pontos da curva de calibração: 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0 e 20,0 µg/L. Para que a curva seja considerada válida, exige-se coeficiente de determinação (R²) superior a 0,99, além de duas injeções para cada ponto da curva.

4.3.2 Parâmetros da HPLC

O extrato reconstituído foi injetado em um sistema HPLC Sykam Série S acoplado a um detector de fluorescência Shimadzu RF-20A, ajustado com comprimento de onda de excitação de 333 nm e de emissão de 460 nm. As separações cromatográficas foram realizadas em uma coluna Zorbax Eclipse Plus C18 (150 × 4,6 mm), operando a 30 °C. A fase móvel, composta por tolueno-ácido acético (99:1, v/v), foi bombeada a um fluxo de 1,0 mL/min com volume de injeção de 100 µL. O tempo total de análise foi de 10 min, sendo o tempo de retenção da OTA de aproximadamente 7,4 min.

As amostras são consideradas positivas para OTA quando detectado um pico com tempo de retenção similar ao do padrão, sendo a concentração em µg/L determinada por meio das Equações (2) ou (3):

$$C_{\text{HPLC}} = m_{\text{ota}} \times (2/V_1) \times (V_3/V_2) \quad (2)$$

onde:

C_{HPLC} = concentração de OTA calculada pelo software do HPLC (em µg/L);

m_{OTA} = massa de OTA (em µg);

2 = fator de diluição;

V_1 = volume da amostra analisada (0,01 L);

V_2 = volume da solução injetada na coluna (100 µL);

V_3 = volume da solução utilizada para reconstituir o eluído seco (250 µL).

Como o resultado fornecido pela análise é expresso em concentração (µg/L), tornou-se necessário convertê-lo para massa de OTA injetada, considerando ainda a taxa de recuperação da coluna de purificação, que foi de 85%. Dessa forma, a equação foi simplificada conforme segue:

$$C_{\text{OTA}} = C_{\text{HPLC}} \times (100/85)/20 \quad (3)$$

onde:

C_{HPLC} = concentração de OTA calculada pelo software do HPLC (em µg/L);

(100/85) = correção pela taxa de recuperação de OTA;

20 = fator global de diluição do processo

4.3.3 Otimização do método de análise

O procedimento recomendado pela OIV é eficaz para análises de OTA em vinhos brancos, rosés e tintos. Entretanto sua aplicação em mostos de uva apresenta um desafio particular devido à elevada quantidade de sólidos presentes nessas amostras. A mesma base metodológica já havia sido empregada na análise de sucos, mostos de uva e de vinho, conforme descrito por Simon (2006), Ferranti (2017) e Nunes (2008).

Com o objetivo de diminuir os sólidos em suspensão e reduzir a turbidez das amostras sem comprometer a recuperação da micotoxina ou interferir no resultado final, foi testada a filtração do mosto de uva utilizando filtro qualitativo e duas membranas com diferentes tamanhos de poro. A primeira membrana segue a recomendação do método da OIV e a segunda é uma membrana com um poro muito menor, de 0,45 μm . O teste foi conduzido com uma amostra de mosto de uva e uma amostra de vinho, cujo teor de OTA já é conhecido, servindo como referência para avaliar a eficiência da filtração. O vinho passou pelo mesmo tratamento de filtração que a amostra de mosto de uva.

A recomendação para o uso das IACs prevê que a amostra não apresente turbidez visível. Portanto, caso as etapas de filtração não impactem negativamente a recuperação da OTA, conclui-se que é possível aplicar o procedimento de purificação normalmente, sem risco de obstrução da coluna.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

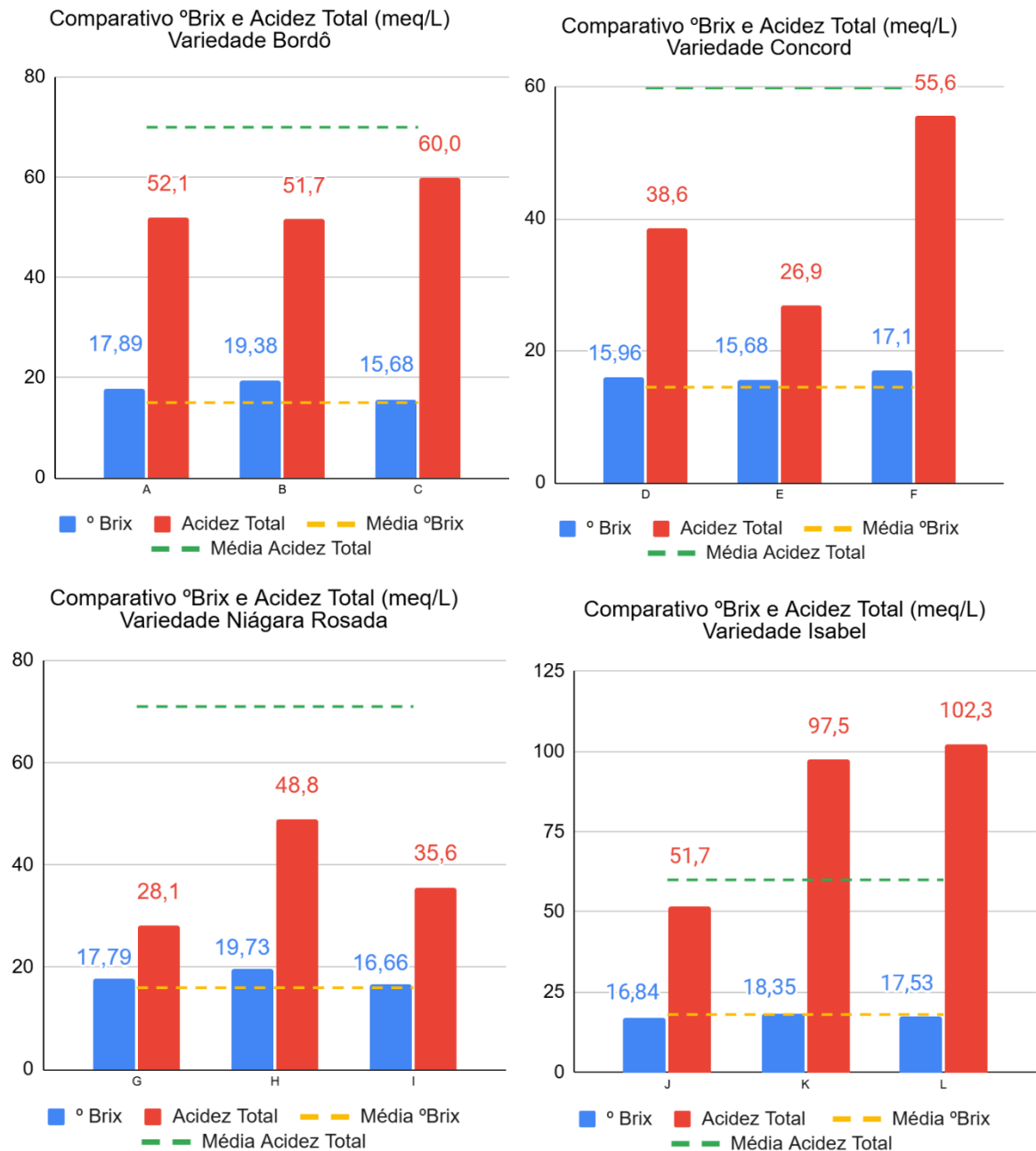
5.1 SANIDADE E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS UVAS

A determinação do estágio de maturação das uvas baseia-se na avaliação conjunta do °Brix e da acidez total. De acordo com a legislação brasileira, o mosto destinado ao processamento deve apresentar, no mínimo, 14 °Brix (Brasil, 2018). Durante o processo de maturação, ocorre uma relação inversa entre o teor de açúcares e a acidez total: à medida que os frutos amadurecem, há acúmulo de açúcares e sólidos insolúveis, acompanhado da redução da acidez. O índice de maturação, definido pela razão °Brix/acidez total, reflete o equilíbrio entre esses parâmetros e é amplamente utilizado para determinar o ponto ideal de colheita (Domingos Neto, 2024). Quanto maior essa relação, mais madura é considerada a uva.

Outro parâmetro relevante é o °Babo, diretamente associado à remuneração dos produtores. Para a safra de 2025, a Portaria MAPA nº 740/2024 fixou o preço mínimo da uva industrial com base em 15 °Babo, incentivando a colheita tardia como forma de aumentar o teor de açúcares nos frutos. No entanto, essa prática pode trazer desvantagens, como maior suscetibilidade a doenças fúngicas e redução da acidez natural, fatores que afetam a qualidade enológica do mosto obtido

A Figura 13 apresenta a comparação entre os valores de °Brix e acidez total das variedades analisadas, considerando também a média dos valores esperados para cada tipo de uva. Como cada variedade apresenta um período distinto de maturação, já se previa que nem todas atingiriam parâmetros ideais no momento da coleta. Com base na análise desses gráficos e da Tabela 7, observa-se que as amostras de **A** a **L** apresentaram diferentes estágios de maturação, refletindo variações inerentes às condições climáticas e ao manejo das videiras.

Figura 13 – Comparativo entre °Brix e acidez total das variedades de uva analisadas



Fonte: o autor, 2025

As três amostras de uva Bordô (**A**, **B** e **C**) foram colhidas em estágio de maturação ideal ou ligeiramente avançado, possivelmente em razão da amostragem ter ocorrido ao final de janeiro. A amostra **B** apresentou características de colheita tardia, com teor de açúcares elevado (19,38 °Brix) e acidez reduzida (51,66 mEq/L). A amostra **A** também mostrou bom grau de maturação (17,89 °Brix e 52,06 mEq/L), indicando tendência de acúmulo de açúcares e queda de acidez. De acordo com a Tabela 7, ambas amostras apresentaram o °Babo elevado (15,21 e 16,47°,

respectivamente), agregando valor comercial ao produto. Já a amostra **C** (15,68 °Brix e 60,0 mEq/L) situou-se no ponto ideal de colheita, apresentando bom equilíbrio entre açúcar e acidez. Esses resultados estão em concordância com os valores relatados por Bender et al. (2016) e Wurz et al. (2020) para a mesma variedade, com médias de 15 °Brix e acidez total entre 52 e 65 mEq/L.

Tabela 7 – Parâmetros de densidade e °Babo das amostras de uva analisadas

Amostra	Variedade	Densidade (g/cm³)	°Babo
A	Bordô	1,0738	15,21
B	Bordô	1,0804	16,47
C	Bordô	1,0647	13,45
D	Concord	1,0651	13,55
E	Concord	1,0640	13,33
F	Concord	1,0701	14,53
G	Niágara Rosada	1,0731	15,12
H	Niágara Rosada	1,0818	16,78
I	Niágara Rosada	1,0682	14,16
J	Isabel	1,0690	14,3
K	Isabel	1,0756	15,59
L	Isabel	1,0720	14,88

Fonte: o autor, 2025

Para a variedade Concord (amostras **D**, **E** e **F**), cujo intervalo ideal situa-se entre 13 e 16 °Brix, a amostra **D** (15,96 °Brix e 38,59 mEq/L) apresentou °Brix dentro da faixa adequada, mas acidez inferior ao esperado (cerca de 60 mEq/L), indicando colheita em estágio avançado. A amostra **E** (15,68 °Brix e 26,93 mEq/L) mostrou sobrematuração, com acidez excessivamente baixa e relação °Brix/acidez total muito elevada. Por outro lado, a amostra **F** (17,10 °Brix e 55,58 mEq/L) apresentou equilíbrio entre os parâmetros, situando-se dentro do ponto ideal de colheita. Os resultados são coerentes com os obtidos por Wurz et al. (2020) para a safra de 2016/2017, que observaram valores médios de 16,4 °Brix e 54,4 mEq/L para essa variedade.

As amostras **G**, **H** e **I** correspondem à variedade Niágara Rosada. Dentre elas, apenas a amostra **I** apresentou bom equilíbrio entre °Brix e acidez total (16,66 °Brix e 35,48 mEq/L), com valores próximos aos relatados por Vedoato (2016), que observou

faixas de 16,1 a 17,3 °Brix e acidez entre 52 e 58,6 mEq/L. Já as amostras **G** e **H** apresentaram sinais de maturação avançada, com altos teores de açúcares (17,79 e 19,73 °Brix) e acidez reduzida, especialmente na amostra **G** (28,14 mEq/L), indicando degradação acentuada dos ácidos orgânicos. Ambas mostraram °Babo superior a 15°, o que confirma o alto teor de açúcares e o potencial para elaboração de sucos mais doces. Caso fossem destinadas à produção de vinhos de mesa, tenderiam a originar produtos com maior teor alcoólico, devido à maior conversão de açúcares em etanol durante a fermentação. De modo geral, as amostras da variedade Niágara Rosada apresentaram excelente potencial para consumo *in natura* ou produção de sucos, em função da baixa acidez e dos elevados índices de açúcar (Domingos Neto, 2024).

As amostras **J**, **K** e **L** pertencem à variedade Isabel, para a qual se espera teor de maturação próximo a 18 °Brix (Camargo & Maia, 2008). Estudos de Souza et al. (2014) e Bender et al. (2016) indicam valores médios de 15 a 16,6 °Brix e acidez em torno de 65 mEq/L para uvas maduras dessa variedade. A amostra **J** apresentou o melhor equilíbrio entre os parâmetros (16,84 °Brix e 51,70 mEq/L), caracterizando o ponto ideal de colheita, pois a partir desse estágio não se espera aumento expressivo no teor de açúcares. A amostra **L**, apesar do °Brix elevado (17,53 °Brix), mostrou acidez total excessiva (102,31 mEq/L), revelando desequilíbrio entre os parâmetros e indicando que ainda estava verde no momento da coleta. Já a amostra **K** (18,35 °Brix e 97,48 mEq/L) apresentou valores relativamente equilibrados, podendo ser considerada madura ou levemente imatura devido à acidez elevada.

Observou-se que os maiores valores de densidade registrados (Tabela 7) foram nas amostras **B** e **H**, que também apresentaram os °Brix mais altos, refletindo maior concentração de sólidos solúveis. A variedade Bordô, por apresentar bagas mais densas e estrutura mais robusta, exigiu maior cuidado nas etapas de maceração, filtração e limpeza das amostras, sendo a principal responsável pela necessidade de filtrações adicionais.

De modo geral, todas as amostras apresentaram bom potencial para o processamento de suco ou vinho de mesa, atendendo ou superando o mínimo legal de 14 °Brix exigido pela legislação brasileira. Nenhuma das 12 amostras apresentou sinais visíveis de podridão ou lesões, conforme ilustrado na Figura 14. As condições climáticas favoráveis registradas durante a safra de 2025 contribuíram para a obtenção de frutos íntegros e de excelente padrão enológico, evidenciando a boa sanidade e maturação das uvas analisadas.

Figura 14 – Avaliação fitossanitária das uvas das variedades: Bordô (A, B, C), Concord (D, E, F), Niágara Rosada (G, H, I) e Isabel (J, K, L)



Fonte: o autor, 2025

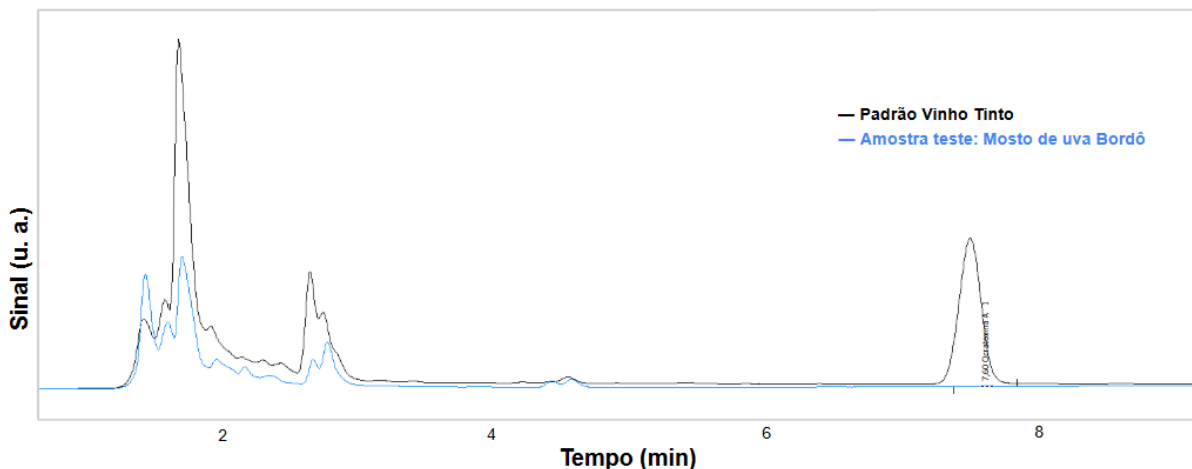
5.2 ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE OTA PARA MOSTO DE UVA

O primeiro ensaio com membrana filtrante foi realizado no início de janeiro, utilizando uma amostra padrão de vinho tinto e uma amostra de mosto de uva da variedade Bordô. Esta última não foi incluída no conjunto final de resultados de OTA, pois ainda apresentava características de uvas verdes e não atendia aos parâmetros físico-químicos previamente estabelecidos. No entanto, como o objetivo inicial era avaliar o desempenho da membrana filtrante disponível no laboratório e verificar a aplicabilidade do método proposto pela OIV, a amostra foi considerada adequada para fins de teste.

Mesmo após a centrifugação do mosto e a filtração com a membrana de vidro Whatman 934-AH (47 mm de diâmetro), observou-se que amostra ainda apresentava turbidez visível. Ferranti (2017) relatou o uso combinado de membrana de vidro e filtro qualitativo para a remoção de sólidos e redução desse problema. Assim, testes preliminares com papel filtro qualitativo foram conduzidos, mas o material não se mostrou eficiente na eliminação da turbidez, possivelmente devido à alta densidade e à elevada concentração de sólidos solúveis da variedade Bordô, que ocasionaram o entupimento da coluna de imunoafinidade. Diante disso, optou-se por empregar, além da membrana de vidro, uma membrana de PVDF Durapore (0,45 µm de poro), o que resultou em um mosto límpido e adequado para análise. O mesmo procedimento analítico foi aplicado à amostra de vinho, a fim de permitir uma comparação direta entre as matrizes.

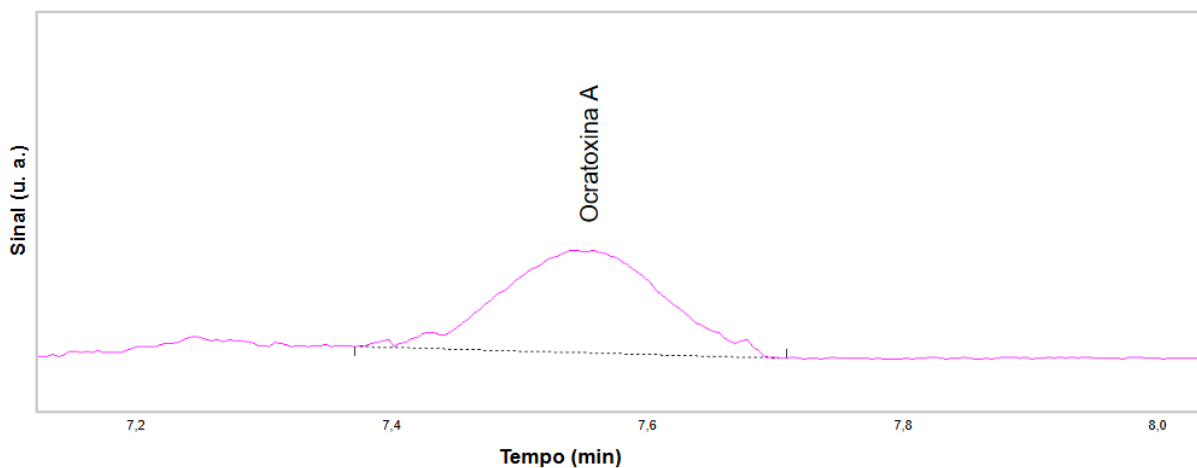
Os resultados demonstraram boa qualidade cromatográfica em ambos os casos. O teor de OTA determinado para o vinho padrão foi de 1,24 µg/L, enquanto a amostra de mosto de uva apresentou concentração inferior ao limite de detecção (LD) do equipamento, estimado em 0,2 µg/L. Apesar da ausência de quantificação, o cromatograma da amostra de uva exibiu perfil semelhante ao da amostra de vinho (Figura 15), incluindo a formação de um pico no mesmo tempo de retenção da OTA (Figura 16). Esses resultados confirmam a eficiência do sistema de filtração adotado e demonstram que o método da OIV, com as adaptações realizadas, é adequado para a análise de mostos de uva.

Figura 15 – Comparação entre os cromatogramas da amostra padrão de vinho tinto e do mosto de uva teste da variedade Bordô



Fonte: o autor, 2025

Figura 16 – Pico de retenção da OTA da amostra de uva teste da variedade Bordô



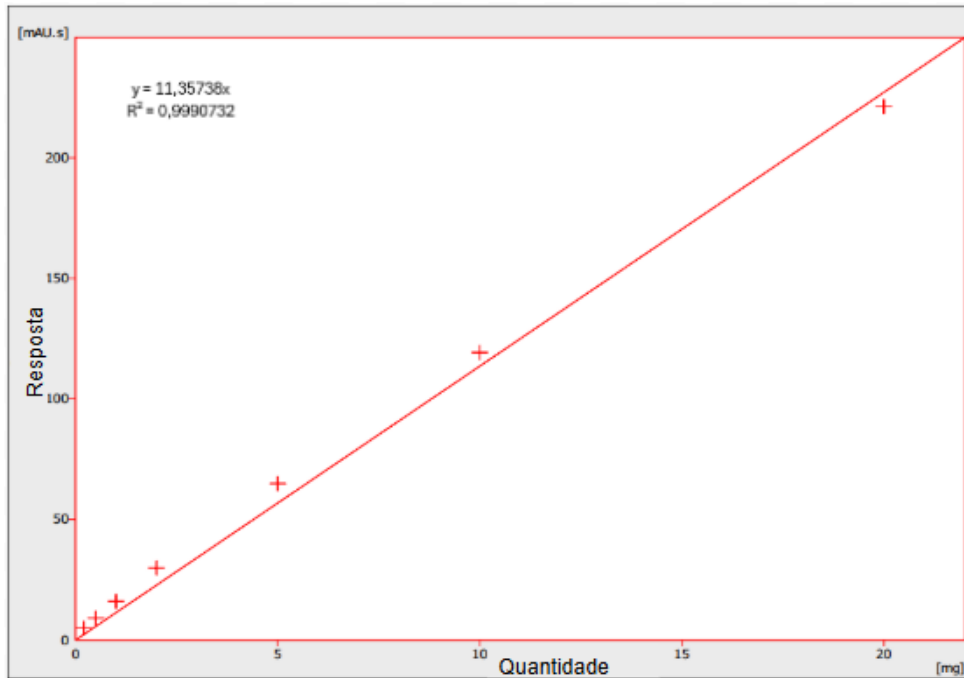
Fonte: o autor, 2025

5.3 AVALIAÇÃO DE OTA EM MOSTOS DE UVA

5.3.1 Curva de calibração para quantificação de OTA

A partir da solução padrão de 100 µg/L, foi construída uma curva de calibração com os seguintes pontos: 0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0 e 20,0 µg/L (Figura 17). De acordo com as orientações do INMETRO (2025), foi adotado o modelo de calibração linear com intercepto nulo, considerando-se $R^2 \geq 0,99$ como critério de aceitação para a linearidade. A curva apresentou R^2 igual a 0,99907, indicando que a resposta obtida na análise é proporcional às concentrações dos padrões da micotoxina.

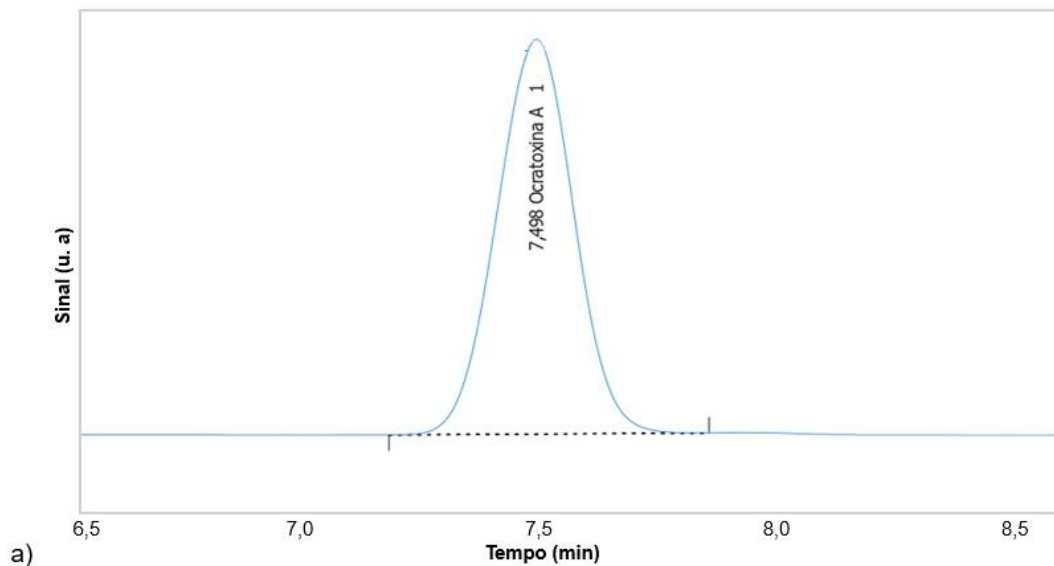
Figura 17 – Curva de calibração para a quantificação de OTA

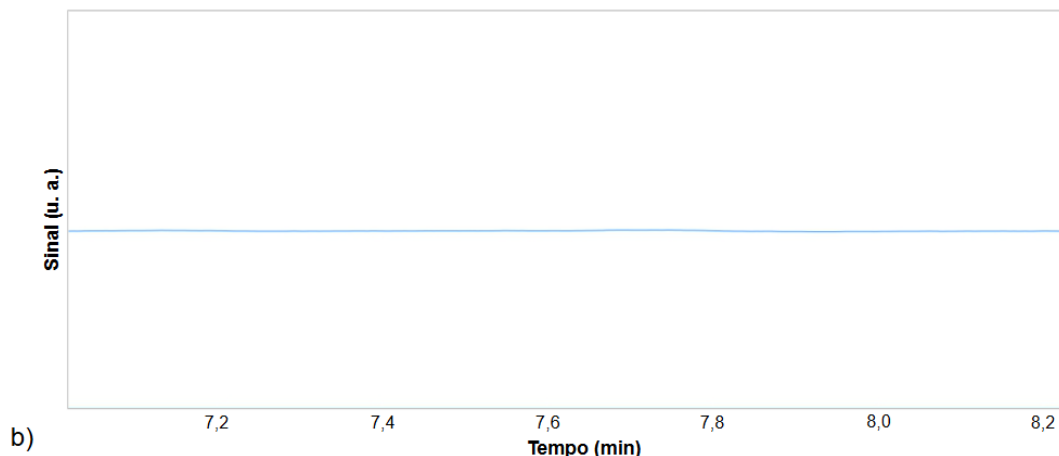


Fonte: o autor, 2025

Conforme mencionado anteriormente, para amostras contendo OTA é esperado um cromatograma com pico de retenção em aproximadamente 7,4 min, semelhante ao observado na Figura 18a, referente à amostra padrão de vinho tinto. Em contrapartida, para amostras isentas de OTA o cromatograma não apresenta picos nesse tempo de retenção como ilustrado na Figura 18b.

Figura 18 – Padrões para análise de OTA: **(a)** cromatograma com pico de retenção positivo; **(b)** cromatograma com pico de retenção negativo





Fonte: o autor, 2025

5.3.2 Quantificação dos níveis de OTA em mostos de uva

Entre os 12 mostos de uva analisados, quatro amostras apresentaram presença de OTA em níveis detectáveis, evidenciada pela ocorrência de picos no tempo de retenção correspondente ao padrão da micotoxina. Os cromatogramas referentes a essas amostras encontram-se no **Apêndice A**, enquanto a Tabela 8 apresenta as concentrações de micotoxina encontradas nas amostras analisadas.

Considerando a escassez de dados na literatura sobre a ocorrência de OTA em uvas da espécie *V. labrusca*, a caracterização da contaminação por variedade torna-se ainda mais limitada, o que dificulta comparações diretas e consistentes com outros estudos atuais.

Tabela 8 – Níveis de OTA nos mostos de uvas analisadas

Amostra	Variedade	OTA ($\mu\text{g/L}$)
A	Bordô	0,007
B	Bordô	0,004
C	Bordô	ND
D	Concord	0,002
E	Concord	ND
F	Concord	0,002
G	Niágara Rosada	ND
H	Niágara Rosada	ND
I	Niágara Rosada	ND
J	Isabel	ND
K	Isabel	ND
L	Isabel	ND

ND= não detectado; LD = 0,2 $\mu\text{g/L}$

Fonte: o autor, 2025

No presente trabalho, a micotoxina foi detectada em duas amostras da variedade Bordô: a amostra **A**, que apresentou a maior concentração observada (0,007 µg/L), e a amostra **B** (0,004 µg/L). Essa ocorrência pode estar associada ao estágio de maturação dos frutos, uma vez que ambas foram colhidas em condição de sobrematuração, fator que favorece a incidência de fungos e, conseqüentemente, a formação de OTA (Simon, 2006).

De forma semelhante, dois dos três mostos da variedade Concord (amostras **D** e **F**) apresentaram pico de OTA no tempo de retenção esperado, embora em concentrações muito baixas (0,002 µg/L), inferiores ao LD do equipamento.

Estudos prévios sobre derivados de uva corroboram parcialmente esses achados. Dachery, Manfroi e Welke (2016) analisaram sucos elaborados a partir das variedades Bordô, Concord e Niágara Rosada, não detectando OTA em nenhuma das amostras, resultado também relatado por Ferranti (2017). Em contrapartida, Dachery et al. (2017), em estudo específico com a variedade Concord, relataram a presença da micotoxina em mostos, com concentração de 2,02 µg/L, valor significativamente superior ao observado no presente trabalho.

Nas variedades Niágara Rosada e Isabel, não foram identificados níveis quantificáveis de OTA, uma vez que todos os cromatogramas apresentaram apenas a linha de base no tempo de retenção esperado (perfil semelhante ao da Figura 19b). A ausência da micotoxina na variedade Isabel pode estar relacionada às suas características intrínsecas, especialmente à maior resistência natural ao ataque de pragas e ao desenvolvimento de fungos, conforme discutido anteriormente.

De modo geral, as amostras apresentaram boas condições de integridade, sem indícios de bagas danificadas ou sinais de deterioração fúngica, fatores geralmente associados a maior predisposição à contaminação por OTA. As poucas amostras com níveis detectáveis de micotoxina encontravam-se em estágio de maturação avançado, porém sem evidências de infecção fúngica visível, o que impossibilita o estabelecimento de uma correlação direta entre esses parâmetros.

Por fim, ainda que tenha sido possível detectar OTA em algumas amostras, todas as concentrações permaneceram abaixo do LD do método analítico (0,2 µg/L). Dessa forma, os valores obtidos devem ser interpretados com cautela, uma vez que concentrações inferiores ao LD estão associadas a elevada incerteza analítica e não podem ser consideradas quantitativamente confiáveis.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a metodologia utilizada para a determinação de OTA em sucos e vinhos mostrou-se igualmente adequada para a análise de mostos de uva, sendo necessários apenas pequenos ajustes no processo de filtração em razão da maior densidade e do elevado conteúdo de sólidos solúveis característicos desse tipo de matriz. Tais adaptações não comprometeram a eficiência do método, confirmando sua aplicabilidade em diferentes etapas do processamento da uva.

As uvas analisadas na safra de 2025 apresentaram excelente estado fitossanitário, sem ocorrência visível de fungos ou danos nas bagas, além de exibirem valores de °Brix e acidez total equilibrados, indicativos de maturação adequada e qualidade satisfatória para a elaboração de sucos e vinhos. Esses parâmetros reforçam a importância do monitoramento contínuo da qualidade das uvas desde o campo, considerando que fatores climáticos e práticas de manejo variam a cada safra e podem influenciar diretamente a formação de micotoxinas.

A análise dos mostos provenientes de uvas da espécie *V. labrusca*, cultivadas na região de Flores da Cunha (RS), indicou níveis de OTA abaixo do LD do método (0,2 µg/L) e, portanto, inferiores aos valores estabelecidos pela legislação vigente. Esses resultados estão em consonância com estudos anteriores realizados no estado, sugerindo estabilidade no controle da contaminação por micotoxinas ao longo dos anos.

Por fim, destaca-se a relevância da continuidade de estudos sobre a ocorrência de OTA em diferentes regiões produtoras do estado e sob distintas condições climáticas, a fim de ampliar o conhecimento sobre os fatores que favorecem o desenvolvimento de fungos e garantir a segurança e a qualidade dos produtos derivados da uva.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Conforme foi discutido ao longo deste trabalho, o desenvolvimento de micotoxinas, em especial da OTA, é influenciado por diversos fatores, incluindo temperatura, incidência solar sobre as videiras, manejo do solo, condições de colheita, estágio de maturação das uvas, armazenamento e processos de produção. Entre esses fatores, as condições climáticas destacam-se por exercer influência direta sobre a proliferação de fungos e, conseqüentemente, sobre a formação de micotoxina.

Para estudos futuros, recomenda-se a coleta dos mostos após a chegada nas vinícolas, abrangendo todo o tratamento e cuidado feito pelos produtores. Além disso, sugere-se a ampliação da investigação, incluindo não apenas a sanidade e a qualidade das bagas, mas também a coleta de dados meteorológicos detalhados, como níveis pluviométricos, índices de radiação solar e variações de temperatura durante as diferentes fases de maturação das uvas na região estudada. Esses parâmetros podem fornecer subsídios relevantes para compreender a correlação entre o clima e a eventual ocorrência de OTA.

Além disso, observa-se uma lacuna significativa em pesquisas envolvendo as variedades da espécie *V. labrusca*, tanto no que se refere à contaminação por fungos quanto em outros aspectos enológicos. Assim, torna-se de grande importância o desenvolvimento de novos estudos voltados a essas variedades, de modo a ampliar o conhecimento científico disponível e contribuir para o fortalecimento da vitivinicultura regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. Instrução Normativa nº 160, de 1º de julho de 2022. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 1 jul. 2022, p. 120. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes/instrucao-normativa-anvisa-2022_160-1.pdf/view. Acesso em: 7 nov. 2024.

AGRIOPOULOU, S.; STAMATELOPOULOU, E; VARZAKAS, T. Advances in analysis and detection of major mycotoxins in foods. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 518, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/foods9040518>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENOLOGIA – ABE. Fases da vitivinicultura. Caxias do Sul: **ABE**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.enologia.org.br/curiosidade/fases-da-vitivinicultura>. Acesso em: 15 abr. 2025.

BRASIL. Decreto nº 8.198, de 20 de fevereiro de 2014. Regulamenta a Lei nº 7.678, de 8 de novembro de 1988, que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 21 fev. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 14, de 8 de fevereiro de 2018. Dispõe sobre os padrões de identidade e qualidade para vinhos e derivados da uva e do vinho. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Portaria MAPA nº 740, de 28 de novembro de 2024. Publica o preço mínimo da uva industrial, conforme Voto do Conselho Monetário Nacional nº 81. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 dez. 2024, Seção 1, p. 32. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=515&pagina=32&data=02/12/2024&captchafield=firstAccess>. Acesso em: 02 out. 2025.

BENDER, A.; COSTA, V. B.; RODRIGUES, C. M.; MALGARIM, M. B.

Características sensoriais de sucos de uva elaborados com diferentes variedades e espécies. Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa, Bagé, p. 1035-1046, 2016.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S. **Novas cultivares brasileiras de uva.** 1. ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 64 p. ISBN 978-85-89921-09-1.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. S. **Cultivares de videira para processamento.** In: SILVEIRA, S. V. da; HOFFMANN, A.; GARRIDO, L. da R. (Org.). Produção integrada de uva para processamento: implantação do vinhedo, cultivares e manejo da planta. Brasília, DF: Embrapa, 2015. v. 3, cap. 2, p. 25-40.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. **Cultivares de uvas rústicas para regiões tropicais e subtropicais.** In: BOLIANI, A. C.; FRACARO, A. A.; CORRÊA, L. de S. (Ed.). Uvas rústicas de mesa: cultivo e processamento em regiões tropicais. Jales: [s.n.], 2008. p. 63-90.

CURVELO-GARCIA, A. S.; BARROS, Paulo (ed.). **Química enológica: métodos analíticos.** Agrobook, 2015.

DACHERY, B.; MANFROI, V.; WELKE, J. E. Exposure to ochratoxin A through consumption of grape juices produced by steam distillation method and intended for school meals. **Ciência Rural**, v. 46, n. 10, p. 1868–1871, 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20150649>

DACHERY, B.; VERAS, F. F.; DAL MAGRO, L.; et al. Exposure risk assessment to ochratoxin A through consumption of juice and wine considering the effect of steam extraction time and vinification stages. **Food and Chemical Toxicology**, v. 109, p. 237–244, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2017.09.013>

DAMBRÓS, Fernanda Poletto. **Desenvolvimento e validação de metodologia analítica para a determinação de micotoxinas em vinhos. 2013.** Dissertação (Mestrado em Química) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

DOMINGUES NETO, F. J; CARNEIRO, D. C; BORGES, C. V.; et al. Maturação das uvas: fases, fatores influenciadores e impactos na qualidade do vinho. **O futuro das ciências agrárias: inovações e desafios 2.** Ponta Grossa: Atena Editora, 2024. v. 2, cap. 5, p. 34-45. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.633241009>

EUROPEAN UNION. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. **Official Journal of the European Union**, L 119, p. 103, 5 mai. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Banco de dados da vitivinicultura brasileira. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, [2025]. Disponível em: http://vitibrasil.cnpuv.embrapa.br/index.php?subopcao=subopt_02&opcao=opt_03. Acesso em: 18 abr. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Tecnologias de produção de uvas rústicas para processamento na Região Sul do Brasil. 2. ed. Bento Gonçalves, RS: **Embrapa Uva e Vinho**, 2018. 82 p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 105). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1081473/1/LivroDocumentos1052ed2018maio.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

FERMENTEK. **Ochratoxin A – Product Information.** Disponível em: <https://www.fermentek.com/product/ochratoxin>. Acesso em: 02 dez. 2025.

FERRANTI, Larissa de Souza. **Aspergillus SECTION Nigri ISOLADOS DE UVAS CULTIVADAS NO BRASIL.** 2017. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Genética e Biologia Molecular, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

FREIRE, L.; RIBEIRO, R.; FERREIRA, V. et al. From grape to wine: fate of ochratoxin A during red, rosé, and white winemaking process and the presence of ochratoxin derivatives in the final products. **Food Control**, v. 113, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107167>

IAMANAKA, Beatriz Thie; OLIVEIRA, Idjane Santana; TANIWAKI, Marta Hiromi. Micotoxinas em alimentos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 7, p. 138–161, 2010. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/128>. Acesso em: 16 abr. 2025.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. **List of classifications: agents classified by the IARC Monographs**. Volumes 1–139. Disponível em: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>. Acesso em: 29 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Tabela 1613 – Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras permanentes. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**, 2025a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em: 5 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores IBGE: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Estatística da Produção Agrícola, Janeiro 2025**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025b. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2025_jan.pdf. Acesso em: 5 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção de uva no Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/uva/rs>. Acesso em: 5 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Em fevereiro, IBGE prevê safra de 323,8 milhões de toneladas para 2025.** Agência de Notícias IBGE, Rio de Janeiro, 13 mar. 2025d. Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/42843-em-fevereiro-ibge-preve-safra-de-323-8-milhoes-de-toneladas-para-2025>. Acesso em: 5 abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Flores da Cunha (RS): pesquisa “Produção Agrícola – Lavoura Permanente” – seção 15/11863.** Cidades, 2025e [s.d.]. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/flores-da-cunha/pesquisa/15/11863?localidade1=0&localidade2=43>. Acesso em: 11 jul. 2025.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF VINE AND WINE- OIV. State of the World Vine and Wine Sector in 2024. Dijon: **OIV**, abr. 2025. Disponível em:

https://www.oiv.int/sites/default/files/2025-04/OIV-State_of_the_World_Vine-and-Wine-Sector-in-2024.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **DOQ-CGCRE-008 – Orientação sobre validação de métodos analíticos.** Revisão 09. Rio de Janeiro: INMETRO, 2020. Disponível em:

<https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes>. Acesso em: 21 out. 2025.

MAIA, J. D. G.; CAMARGO, U. A. Origem da videira Niágara. Jundiaí: **Embrapa Uva e Vinho**, 2012. Cap. 1, p. 13–22. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/962166/1/maiacap1p132220120001.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA.

Instrução Normativa nº 14, de 08 de fevereiro de 2018: Complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade do Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 mar. 2018.

JOINT FAO/WHO EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES – JECFA.
Evaluation of certain food additives and contaminants: sixty-eighth report of the Joint
FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva: **World Health
Organization**, 2007. Disponível em: [https://apps.who.int/food-additives-
contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1905](https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=1905). Acesso em: 23 fev.
2025.

KÖPPEN, R.; KOCH, M.; SIEGEL, D.; MERKEL, S.; MAUL, R.; NEHLS, I.
Determination of mycotoxins in foods: current state of analytical methods and
limitations. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 86, n. 6, p. 1595-1612,
2010.

LACERDA, I. C. A. et al. Recent advances in mycotoxin analysis and detection of
mycotoxigenic fungi in grapes and derived products. **Sustainability**, [S.l.], v. 13, n. 5,
p. 2537, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2537>. Acesso
em: 16 abr. 2025.

LEE, H. J.; KIM, H. D.; RYU, D. Practical strategies to reduce ochratoxin A in foods.
Toxins, v. 16, n. 1, p. 58, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins16010058>

NUNES, E. O. **População de fungos filamentosos e sua relação com
micotoxinas presentes na uva e no vinho de Santa Catarina**. 2008. 200 f. Tese
(Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade
Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE VINHO - OIV. OIV-MA-AS315-10:
determinação de ocratoxina A em vinhos após purificação em coluna de
imunoafinidade e quantificação por HPLC com detecção por fluorescência. Paris:
OIV, 2011. Disponível em: [https://www.oiv.int/public/medias/2539/oiv-ma-as315-
10.pdf](https://www.oiv.int/public/medias/2539/oiv-ma-as315-10.pdf). Acesso em: 07 jan. 2025.

OTEIZA, J. M. et al. Influence of production on the presence of patulin and ochratoxin
A in fruit juices and wines of Argentina. **LWT – Food Science and Technology**,
v. 80, p. 200–207, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.025>

OMOTAYO, O. P; MWANZA, M; BABALOLA, O. et al. Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health. **Toxicological Research**, v. 35, n. 1, p. 1-7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5487/TR.2019.35.1.001>

PEREIRA, K. C; DOS SANTOS, C. F. Micotoxinas e seu potencial carcinogênico. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 4, p. 147-165, 2011. Universidade Anhanguera. ISSN 1415-6938.

PENA, A.; CEREJO, F.; SILVA, L. J. G.; LINO, C. M. Ochratoxin A survey in Portuguese wine by LC–FD with direct injection. **Talanta**, v. 83, n. 2, p. 284-289, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.07.041>

PROTAS, J. F. da S.; CAMARGO, U. A.; MELLO, L. M. R. Vitivinicultura brasileira: regiões tradicionais e polos emergentes. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 234, p. 7-15, set./out. 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/536040/1/82612006p.715.pdf>
Acesso em: 8 jan. 2025.

PROTAS, J. F. da S; LAZZAROTTO, J. J; MACHADO, C. A. Panorama da vitivinicultura brasileira em 2022. Bento Gonçalves, RS: **Embrapa Uva e Vinho**, 2024. (Comunicado Técnico, 233).

RICCI, F. G et al. Fungos ocratoxigênicos e mecanismos de toxicidade da ocratoxina A. **Biosaúde**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 72-84, 2021.

REMIRO, R; IRIGOYEN, Á; GONZÁLEZ-PEÑAS, E. et al. Levels of ochratoxins in Mediterranean red wines. **Food Control**, v. 32, p. 63–68, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.11.040>.

SHUNDO, L.; ALMEIDA, A. P. de; ALABURDA, J. et al. Ochratoxin A in wines and grape juices commercialized in the city of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 37, p. 533–537, 2006. ISSN 1517-8382.

SIGMA-ALDRICH. **Ochratoxin A, ≥98% (HPLC): Technical Data Sheet. Product Number O1877.** Disponível em: <https://www.sigmaaldrich.com/specification-sheets/101/945/O1877-BULK.pdf>. Acesso em: 02 dez 2025.

SISDEVIN. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. **Produção de uvas para industrialização e produtos vitivinícolas elaborados na safra 2024, no Estado do Rio Grande do Sul - resumo geral.** Porto Alegre: SEAPI, 2024. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202409/23095936-sisdevin-2024-safra-da-uva-e-producao-vitivinicola-resumo.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2025.

SISDEVIN. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. **Dados uvas e vinhos - SISDEVIN.** Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/dados-uvas-inhos>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SISDEVIN. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação. **Painel de produção vitivinícola do Rio Grande do Sul.** Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojN2Q0OTJhYzYtYjNjOC00YjI2LTkzYWQtOTIzZmJlYjAxMzE5IiwidCI6IjE1ZGNkOTA5LThkYzAtNDBIOS1hMWU1LWNIY2lwNTNjZGQxYSJ9>. Acesso em: 01 dez. 2025.

SILVA, R; LAGO-VANZELA, E. S; BAFFI, M. A. (Orgs.). **Uvas e vinhos: química, bioquímica e microbiologia.** São Paulo: Fundação Editora da UNESP; Editora Senac, 2015.

SIMON, T. T. **Influência das condições fitossanitárias da uva no teor de ocratoxina A em vinhos brancos.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SOUZA, J. A.; BETTONI, J. C.; TOMAZELLI, A. **Relação entre as variantes climáticas e a produtividade e qualidade do mosto de uvas da cv. Isabel (*Vitis labrusca*) produzidas em Videira-SC.** Ignis, Caçador, v. 3, n. 1, p. 45–55, jan./dez. 2014.

TERRA, M. F.; PRADO, G; PEREIRA, G. E.; et al. Detection of ochratoxin A in tropical wine and grape juice from Brazil. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 4, p. 890–894, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5817>

UNITED STATES. Department of Health and Human Services. **Report on Carcinogens: Fifteenth Edition. Research Triangle Park, NC: National Toxicology Program, 2021.** Perfil da substância: Ochratoxin A (CAS No. 303-47-9). Disponível em: <https://ntp.niehs.nih.gov/research/assessments/cancer/roc>. Acesso em: 02 dez. 2025.

VEGA, Mario et al. Ochratoxin A occurrence in wines produced in Chile. **Food Control**, v. 29, n. 1, p. 55–58, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.04.032>.

VEDOATO, B. T. F. **Produção, qualidade físico-química e atividade antioxidante da uva ‘Niágara Rosada’ em diferentes porta-enxertos.** 2016. 57f. Dissertação (Mestre em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 2016.

WELKE, J.E. et al. Determination of Ochratoxin A in wine by high-performance thin-layer chromatography using charged coupled device. **Journal Brazilian Chemical Society**, v.21, p.441-446, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532010000300007>.

WÜRZ, D. A. et al. Potencial do cultivo de videiras destinadas à elaboração de suco de uva em Lages, Planalto Sul de Santa Catarina. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 6, n. 3, p. 176-183, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.63.176-183>.

ZIMMERLI, B.; DICK, R. Ochratoxin A in table wine and grape-juice: occurrence and risk assessment. **Food Additives and Contaminants**, v. 13, n. 6, p. 655-668, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CROMATOGRAMAS DAS AMOSTRAS A, B, D e F

