



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AGROINDUSTRIAL**

Tese

**Composição fenólica e aromática de vinho Syrah produzido com uvas de
vinhedos da região São Bento do Sapucaí e Indaiatuba – São Paulo**

Marite Carlin Dal'Osto

Pelotas, 2019

Marite Carlin Dal'Osto

**Composição fenólica e aromática de vinho Syrah produzido com uvas de
vinhedos da região São Bento do Sapucaí e Indaiatuba – São Paulo**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área de conhecimento: Ciência e Tecnologia Agroindustrial)

Comitê de Orientação:

Cesar Valmor Rombaldi – UFPEL

Eduardo Purgatto - USP

Pelotas, 2019

Banca examinadora

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi - Orientador (DCTA, FAEM/UFPeI)

Prof. Dr. Vagner Costa Brasil (UNIPAMPA- Campus Dom Pedrito)

Prof. Dr. Leonardo Cury da Silva (IFRS- Campus Bento Gonçalves)

Prof.^a Dr^a. Márcia Gularte (UFPEL – Campus Pelotas)

Prof. Dr. Fábio Laner Lenk (IFSP– Campus São Roque)

Dedico esta tese a meus filhos Miguel e Catarina
e a meus pais Neusa e Mauro.

AGRADECIMENTOS

A meu marido e filhos, que sempre me apoiaram e que aceitaram meu estresse, minha impaciência, meu desespero e a minha ausência para a realização e conclusão desse trabalho.

À Deus, ao universo, ao destino...chamem como quiserem, por me propiciar em terras lusitanas conhecer uma pessoa instigante, que me desafiou a ousar e a correr atrás do meu sonho. Esta pessoa a quem chamo de orientador, o professor César Valmor Rombaldi, se mostrou muito mais que um orientador, um grande amigo, compreensivo, paciente e muito atencioso, jamais poderei agradecer o suficiente. Muito obrigada!!!

Ao professor Eduardo Purgatto, por me co-orientar, pela compreensão, pelos desabafos e pela amizade.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial (PPGCTA) da Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPEL), pela oportunidade para realizar esse trabalho e aos professores do programa por compreenderem minha situação diferenciada de estar morando e lecionando em São Paulo.

Aos produtores Marcelo Motta da Fazenda Portal da Luz (São Bento do Sapucaí) e Gilberto Francisco do Sítio Itaboraí (Indaiatuba), por me deixarem a vontade para trabalhar com o vinhedo e com a uva, regiões onde meu trabalho foi desenvolvido.

Ao Laboratório de Química, Bioquímica e Biologia Molecular de Alimentos do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, em São Paulo, onde realizei as análises de composição volátil dos vinhos.

Ao Instituto Federal de Ciência e Educação de São Paulo – Câmpus São Roque, pela liberação e incentivo, a todos os colegas que me apoiaram e ajudaram de alguma forma, mas especialmente aos amigos Emanuella Fonseca, Fábio Laner Lenk e Flávio Trevisan pelo apoio nas horas difíceis.

Aos meus bolsistas de iniciação científica Lucas Bueno do Amaral, Rafaela Reis, Nathalia Paz e Luísa Tannure, pelo auxílio nas análises e apoio.

A Dr^a Ludmila Bardin pelo auxílio com os dados climáticos e toda ajuda disponibilizada.

A amiga Gisele Nobre, pela hospedagem, amizade, longas conversas, bons vinhos e principalmente pelo carinho que sempre me dispensou quando precisava estar em Pelotas.

A amiga Josane Cavaleiro, muito importante nesta etapa final do trabalho, me auxiliando, incentivando e me dando suporte com tudo, deixando de lado suas coisas pessoais para me socorrer.

Um brinde a todos vocês!! Jamais esquecerei, vocês são parte desta jornada.

“O melhor *terroir* não difere do mau
se não for cultivado para produzir
o vinho mais agradável.”
(VAUBAN, Séc. XVII)

RESUMO

DAL'OSTO, C. M. **Composição fenólica e aromática de vinho Syrah produzido com uvas de vinhedos da região São Bento do Sapucaí e Indaiatuba, um novo *terroir***. 2019. 155f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Cada vez mais se busca produzir vinhos de alta qualidade fenólica e aromática e que expressem características únicas, que cativem o consumidor e o fidelizem através de suas notas aromáticas e gustativas, possibilitando a identificação do *terroir*. É de consenso que a qualidade do vinho está intrinsecamente ligada às características da cultivar, porta-enxerto, local onde a uva é cultivada, do clima, características de solo e processo de elaboração. Pensando nisso, esse trabalho foi conduzido com a variedade *Vitis vinífera* L. Syrah em duas microrregiões do estado de São Paulo, São Bento do Sapucaí e Indaiatuba, com manejo da videira em sistema de dupla-poda, uma, para a estação chuvosa visando o crescimento vegetativo e, outra, para a estação não chuvosa, aqui denominada de inverno, visando a produção de uva para vinificação. Dessa forma, num primeiro estudo, buscou-se caracterizar as microrregiões estudadas, através de levantamento de dados climáticos, análises de perfil de solo e acompanhamento da maturação da uva.

Em um segundo momento, foram produzidos vinhos da cultivar Syrah, nessas duas microrregiões, em duas safras (2013 e 2014) avaliando-os quanto à composição geral, à composição fenólica e perfil aromático. Os vinhos foram analisados com 20 e 32 meses após vinificação, apresentando bons teores de Polifenóis Totais (54,6 a 63,5), com Intensidade de Cor de 3,8 a 4,7 nm, Tonalidade de 0,9 a 1,03 nm. Apresentaram concentrações de Antocianinas totais de 667,35 mg. L⁻¹ a 796,3 mg. L⁻¹, sendo que a fração de antocianinas que se destaca é a malvidina-3 -O-glicosídeo com teores de 315,3 mg. L⁻¹ a 330,2 mg. L⁻¹. Entre os ácidos fenólicos, o destaque foi para o ácido cafeico (28,3 a 32,3 mg. L⁻¹), em ambas as regiões e safras. Os índices de flavan-3-óis, igualmente foram elevados, principalmente para as catequinas, epicatequinas e procianidina B dímero. Também, foram estudados os compostos voláteis desses vinhos, os quais apresentaram um total de 74 compostos aromáticos detectados e identificados. A safra de 2013 é diferenciada da safra de 2014 por um cluster formado por Isoamylacetate, 1-Decanol, Ethylnonanoate, Diethylsuccinate, Cytronellyl formate, β -ianone, Aceticacid, 1-Octen-3-ol, 1-Octanol, [S,R]-2,3-butanediol, 3-Methyl butanoate, 3-ethoxypropanol, 3-Octanol, Butyrolactone, [R,R]-2,3-butanediol, 1-Nonanol. E os vinhos de São Bento do Sapucaí se diferenciam dos de Indaiatuba por cluster formado por 2-methyl-ethyl butanoate, 3-methyl-ethyl butanoate, (E)-3-Hexenyl butenoate, 3-Methyl butanoate, Ethyl 4-octenoate, Ethyl 2-hexenoate, Allocimene, 2,4-Dihydroxyacetophenone, Pentamethylethanol, 3-Octanol, Allocimene, 4-terpineol, Limonene, Butanenitrile, Benzaldehyde, 1-Methyl-3-acetylindole, Acetoin e 5,7-dimethyl-undecane. Os vinhos Syrah das duas microrregiões apresentaram um perfil aromático comum e principal,

que combina características de vinho jovem (morango, amora, figo, mirtilo, rosa, laranjeira e violeta) e vinhos mais maduros (pimenta, café, tabaco, bacon, couro, especiarias e cogumelos), porém Indaiatuba se destacou por aromas mais adocicados e florais (violeta principalmente), enquanto São Bento do Sapucaí, mostrou aromas mais mentolados e floral com destaque para a rosa como descritor. Pode-se observar que, apesar de manterem uma matriz principal semelhante, os vinhos têm alguns aromas, como cítricos e de ervas (Indaiatuba) e rosa (São Bento do Sapucaí) que podem vir a ser marcadores de *terroir*. Embora ainda sejam necessários mais estudos sobre esta nova região vitivinícola que vem se estabelecendo através de inversão do ciclo da videira para produção de vinhos finos no sudeste Brasileiro, o estudo das características das regiões de São Bento do Sapucaí e de Indaiatuba, assim como a composição fenólica e aromática desses vinhos, demonstraram serem passíveis de produção de vinhos de potencial fenólico para envelhecimento.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L., vinhos de guarda; sudeste do Brasil; aroma; compostos fenólicos; dupla-poda.

ABSTRACT

DAL'OSTO, C., M. Phenolic and aromatic composition of Syrah wine produced with grapes from the vineyards of São Bento do Sapucaí and Indaiatuba, a new terroir. 2019. 155f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Increasingly, it been seek to produce high quality phenolic and aromatic wines that express unique characteristics that captivate consumers and enhance their loyalty through their aromatic and gustatory notes, making it possible to identify its terroir. It is agreed that the quality of the wine is intrinsically linked to the characteristics of the cultivar, rootstock, grape location, climate, soil characteristics and elaboration process. With this in mind, this work was conducted with the *Vitis vinifera* L. Syrah variety in two microregions of the state of São Paulo, São Bento do Sapucaí and Indaiatuba, with management of the vine in a double pruning system: the rainy season aiming at the vegetative growth and, the non-rainy season, here denominated of winter, aiming the production of grapes for vinification. Thus, in a first study, the goal was to characterize the microregions studied through the collection of climatic data, soil profile analysis and grape maturation monitoring. Wines of the cultivar Syrah also were produced in these microregions, in two harvests (2013 and 2014) evaluating them regarding the general composition, the phenolic composition and the aromatic profile. The wines were analyzed at 20 and 32 months after vinification, showing good indices for total Polyphenol (54.6 to 63.5 qual é a unidade?) with Color Intensity of 3.8 to 4.7 nm, Tone of 0.9 to 1, 03 nmTotal anthocyanins concentrations ranged from 667.35 mg.L⁻¹ to 796.3 mg.L⁻¹, and the anthocyanin fraction that stands out is malvidin-3-O-glycoside with levels of 315.3 mg. L⁻¹ to 330.2 mg. L⁻¹. Among the phenolic acids, the highlight was for caffeic acid (28.3 to 32.3 mg. L⁻¹), in both regions and crops. The rates of flavan-3-oys, were also high, especially for the catechins, epicatechins and procyanidin B dimer. The volatile compounds of these wines also were studied, which presented a total of 74 aromatic compounds detected and identified. The 2013 harvest is differentiated from the 2014 harvest by a cluster consisting of Isoamylacetate, 1-Decanol, EthylNonanoate, Diethylsuccinate, Cytronellyl formate, β -ianone, Aceticacid, 1-Octen-3-ol, 1-Octanol, [S, R] -2,3-butanediol, 3-methyl butanoate, 3-ethoxypropanol, 3-Octanol, Butyrolactone, [R, R] -2,3-butanediol, 1-Nonanol. And the São Bento do Sapucaí (o q significa esta sigla?) wines differ from those (quais?) of Indaiatuba per cluster consisting of 2-methyl-ethyl butanoate, 3-methyl-ethyl butanoate, (E) -3-hexene butenoate, 3-methyl butanoate, Ethyl 4-octenoate, Ethyl 2- hexenoate, Allocimene, 2,4-Dihydroxyacetophenone, Pentamethylethanol, 3-Octanol, Allocimene, 4-terpineol, Limonene, Butanenitrile, Benzaldehyde, 1-Methyl-3-acetylindole, Acetoin and 5,7-dimethyl undecane. The Syrah wines of the two microregions presented a common and main aromatic profile that combines characteristics of young wine (strawberry, blackberry, fig, blueberry, rose, orange and violet) and more matured

wines (pepper, coffee, tobacco, bacon, spices and mushrooms), but Indaiatuba was distinguished by more sweet and floral aromas (mainly violet), while São Bento do Sapucaí showed more mentholic and floral aromas with rose highlighting as a descriptor. It can be observed that, although they maintain a similar main matrix, the wines have some aromas, such as citrus and herbs (Indaiatuba) and rose (São Bento do Sapucaí), which can become terroir markers. Although further studies are needed on this new wine region that has been established through the inversion of the grape cycle to produce fine wines in Southeastern Brazil, the study of the characteristics of the São Bento do Sapucaí and Indaiatuba regions, as well as the composition phenolic and aromatic of these wines, have been shown to be susceptible to the production of wines with phenolic potential for aging.

Key words: *Vitis vinifera* L., guard wines; southeastern Brazil; aroma; phenolic compounds; double pruning.

Lista de Figuras

Figura 1	Mapa do Brasil com a inserção dos novos polos emergentes.....	28
Figura 2	Região Paulista da Mantiqueira: área privilegiada pelos novos empreendedores do vinho.....	29
Figura 3	Variação espacial das temperaturas médias do ar para os meses de janeiro a junho, para o Estado de São Paulo.....	32
Figura 4	Variação espacial das temperaturas médias do ar para os meses de julho a dezembro, para o Estado de São Paulo.....	33
Figura 5	Variação espacial das temperaturas médias do ar para os meses de julho a setembro, para o Estado de São Paulo.....	34
Figura 6	Temperatura média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) para diferentes municípios vitícolas do Estado de São Paulo.....	36
Figura 7	Valores dos índices heliotérmico e de frio noturno para diferentes municípios vitivinícolas do Estado de São Paulo....	38
Figura 8	Fluxograma de fisiologia da videira na América do Sul – Ciclo de produção tradicional e Ciclo de produção com dupla-poda e colheita de inverno.....	40
Figura 9	Classificação dos compostos fenólicos.....	44
Figura 10	Antocianinas e suas formas aciladas.....	46
Figura 11	Estrutura dos principais flavonóis monômeros encontrados na uva e no vinho.....	48
Figura 12	Infográfico da formação aromática e transformação dos precursores aromáticos durante a vinificação.....	50
Figura 13	Apresentação das principais moléculas de terpenos presentes em vinhos tintos.....	51
Figura 14	Metoxipirazina característica do aroma de pimentão verde da família das Cabernet.....	54
Figura 15	Evolução da concentração em isobutil-metoxi-pirazina (IBMP) de três cultivares durante a maturação de 1997 de um mesmo vinhedo na região de Bordeaux.....	55
Figura 16	Os principais Carotenóides presentes no vinho tinto.....	56
Figura 17	O principal tiol presente no vinho tinto.....	57
Capítulo 1		
Figura 1	Triângulo Textural das regiões de São Bento do Sapucaí (solo argiloso) e Indaiatuba (franco-argilo-arenoso)	81
Figura 2	Composição granulométrica a 20 e 40 cm de profundidade do solo da região de São Bento do Sapucaí e da região de Indaiatuba.....	81
Figura 3	Temperatura média do ciclo – safra de verão (agosto a janeiro) e safra de inverno (janeiro a junho) da região de São Bento do Sapucaí.....	85
Figura 4	Temperatura média do ciclo – safra de verão (agosto a janeiro) e safra de inverno (janeiro a junho) da região de Indaiatuba.....	86
Figura 5	Índices Heliotérmico e índice de Frio noturno nas safras de Inverno e Safra de verão para as microrregiões de São Bento do Sapucaí e Indaiatuba.....	87

Figura 6	Temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação pluviométrica (mm) para o município de São Bento do Sapucaí, para os anos de 2013 e 2014.....	88
Figura 7	Temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação pluviométrica (mm) para o município de Indaiatuba, para os anos de 2013 e 2014.....	88
Figura 8	Infográfico do ciclo de dupla poda da videira nos anos de 2013 e 2014 em São Bento do Sapucaí e em Indaiatuba.....	89
Figura 9	Relação entre SS (°Brix) e acidez titulável (g. L-1 de ácido tartárico) em dias após o final do pintor e a colheita da cultivar Syrah em São Bento do Sapucaí e Indaiatuba na safra de 2013.....	90
Figura 10	Relação entre SS (°Brix) e acidez titulável (g. L-1 de ácido tartárico) em dias após o final do pintor e a colheita da cultivar Syrah em São Bento do Sapucaí e Indaiatuba na safra de 2014.....	90
Capítulo 3		
Figura 1	Flowchart of conventional pruning in South America and double pruning in the São Bento do Sapucaí and Indaiatuba regions.....	152
Figura 2	Principal component analysis (PCA) for Syrah wines from São Bento do Sapucaí (SBS) and Indaiatuba (IND) microregions in 2013 and 2014 vintages. The wine was made in triplicate and the numbers 1, 2 and 3 at the end of each name correspond to the replicates.....	153
Figura 3	Heatmap analysis of Syrah wine projection for São Bento do Sapucaí (SBS) and Indaiatuba (IND) regions in 2013 and 2014 vintages. Codes indicated on the side refer to compounds identified by HS-SPME-GC- MS (check Table 2).....	154
Figura 4	Olfactory (A and B) and gustatory and visual analysis (C and D) of Syrah wines from São Bento de Sapucaí (SBS) and Indaiatuba (IND) regions, separated by 2013 and 2014 vintages	155

Lista de tabelas.

Tabela 1	Composição do mosto e do vinho (g.L ⁻¹)	41
Tabela 2	Terpenos e sua localização na uva.....	51
Tabela 3	Cultivares de uvas e suas características aromáticas quanto à quantidade de terpenos.....	53
Capítulo 1		
Tabela 1	Análises de solo das regiões de São Bento do Sapucaí e Indaiatuba nas safras de 2013 e 2014.....	83
Capítulo 2		
Tabela 1	Perfil físico-químico básico dos vinhos de Syrah das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, safras 2013 (32 meses após o envase) e safras 2014 (20 meses após o envase)	109
Tabela 2	Análises dos compostos fenólicos dos vinhos de Syrah das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, safras 2013 (32 meses após o envase) e safras 2014 (20 meses após o envase)	110
Capítulo 3		
Tabela 1	Syrah wines physical-chemical characteristics from Indaiatuba and São Bento do Sapucaí microregions, 2013 harvest (32 months after packaging) and 2014 harvest (20 months after packaging)	148
Tabela 2	Volatile compounds identified by HS-SPME-GC-MS in the Syrah wines of the São Bento do Sapucaí and Indaiatuba micro-regions, in the 2013 and 2014 harvests.....	149

Sumário

1.INTRODUÇÃO.....	23
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1. <i>Terroir</i>	26
2.2. Panorama da vitivinicultura nacional e paulista.....	26
2.3. Caracterização macroclimática de diferentes regiões vitícolas do Estado de São Paulo.....	30
2.4. Caracterização climática de alguns municípios com vocação vitícola do Estado de São Paulo.....	35
2.5. Produção extemporânea com a prática de dupla-poda.....	38
2.6. Composição química do vinho.....	41
2.7. Compostos fenólicos.....	43
2.7.1. Antocianinas.....	45
2.7.2. Taninos	47
2.8. Aromas.....	48
2.8.1. Terpenos.....	50
2.8.2. Metoxipirazinas.....	54
2.8.3. Norisoprenóides.....	55
2.8.4. Tióis.....	57
2.9. Análise sensorial de vinhos.....	57
3. REFERENCIAS.....	60
CAPITULO 1 - Terroir: caracterização edafoclimática das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, polos vitivinícolas emergentes do Estado de São Paulo.....	69
Resumo.....	71
Abstract.....	73
1.1. Introdução.....	75
1.2. Material e métodos.....	78
1.3. Resultados e Discussão.....	80
1.4. Conclusão.....	92
1.5. Referências.....	93

CAPITULO 2 - Composição fenólica dos vinhos da cultivar Syrah de produção extemporânea das regiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, Estado de São Paulo.....	97
Resumo.....	99
Abstract.....	101
2.1. Introdução.....	103
2.2. Material e métodos.....	105
2.3. Resultados e discussão.....	108
2.4 Conclusão.....	114
2.5 Referencias.....	115
CAPÍTULO 3 – Volatile compounds and sensorial quality of Syrah wine produced under double pruning in a new viticultural region Brazil.....	121
Acknowledgments.....	123
Abstract.....	124
Introduction.....	128
Materials and Methods.....	128
2.1 Study model: microregions and vineyard.....	128
2.2 Wine-making.....	129
2.3 Physico-chemical analysis.....	129
2.4 Volatile compounds analysis.....	130
2.5 Sensorial Analysis.....	131
2.6 Experimental design and statistical analysis.....	131
Results.....	132
3.1 Syrah wines' physical-chemical characteristics.....	132
3.2 Main volatile compounds identified in Syrah wines.....	132
3.2.1 Alcohols	132
3.2.2 Terpenes	133
3.2.3 Phenols.....	133
3.2.4 Esters	133
3.2.5 Acids	134
3.2.6 Other volatile compounds.....	134

3.2.7 Norisoprenoid.....	134
3.3 Multivariate analysis.....	134
3.4 Sensorial Analysis.....	137
Discussion.....	138
Conclusion.....	142
Literature Cited.....	144
Tables.....	148
Figure.....	152

1 INTRODUÇÃO

Mesmo quando consumido por um leigo ou inexperiente consumidor, o vinho desperta curiosidades, que sempre resultam em questões sobre sua origem, cultivar e método de produção. Isso faz com que o vinho tenha uma forte identidade como produto alimentício e, conseqüentemente, cria-se demanda por vinhos que destaquem as características da uva de forma a expressar personalidade local e com qualidade superior (CAMARGO et al., 2011). Segundo Cembalo et al., (2014) a procura por vinhos de alta qualidade vem crescendo – essa demanda é mundial – em detrimento dos vinhos de qualidade mais básica.

Barbeau et al. (2004) mostram que, desde 1978, o Instituto Nacional de Pesquisa Agronômica (INRA), em Angers - França, vem estudando a vinha em seu ambiente natural. Os resultados desses estudos, obtidos desde 1980, tornaram possível caracterizar os diferentes *terroirs* oriundos do subsolo geológico, do perfil solo e do clima local (mesoclima) e introduzir a noção de sequência eco-geopedológica. Em seguida, o método foi refinado e resultou no conceito da Unidade Básica *Terroir* (MORLAT e ASSELIN, 1991). A micro-vinificação daqueles experimentos com caracterização sensorial dos vinhos permitiu identificar uma tipicidade de produto ligado a um *terroir*. O estudo para caracterização de *terroir* vem sendo feito não só na França, mas em várias regiões produtoras do “velho mundo e do novo mundo” (FISCHER e CHRISTMANN, 1999; BAUBEAU, 2004; FARIÑA et al., 2015; PARR et al., 2007; WALKER et al., 2003; SARTOR et al., 2017; FRAIGE et al., 2015; CHENG et al., 2015).

Ao longo dos anos, o Brasil vem trabalhando na melhoria de seus vinhos, investindo em equipamentos, melhorando os métodos de elaboração, entre outros, mas sempre foi dada uma importância secundária para a uva. Nessas últimas duas décadas, isso vem mudando e o foco tem sido a obtenção de matéria prima com alto potencial polifenólico, ou seja, uvas maduras (PADILHA et al., 2016; ROSA, SALVADOR e DANI, 2011; DAL’OSTO e MOTA, 2012 a). A evolução da vitivinicultura brasileira, segundo Tonietto e Mello (2001) pode ser dividida em quatro períodos: o primeiro, representado pela implantação de vinhedos e produção de vinho das cultivares americanas; o segundo, pela diversificação de produtos, com a introdução de cultivares híbridas e viníferas; o terceiro, pela busca da qualidade na

elaboração e introdução de monovarietais; e o quarto e atual, pela busca de identidade regional dos vinhos e pela determinação de indicações geográficas.

Nosso país possui uma ampla área territorial, com características edafoclimáticas diferenciadas entre si, sendo, assim, importante o estudo para caracterização de novas regiões com capacidade vitivinícola (DAL'OSTO et al., 2017; FALCÃO, 2008). Condições de elevada temperatura do ar e precipitação pluviométrica elevada ou falta de amplitude térmica (TONIETTO; CARBONNEAU, 2004; TONITETTO; CARBONNEAU, 1999) impedem a maturação completa da uva, interferindo de forma negativa, principalmente, na maturação fenólica, como ocorre nas tradicionais regiões produtoras do Sul e Sudeste brasileiros e nas áreas produtoras tropicais, como o Vale do Submédio São Francisco. Dessa forma, São Paulo, junto com a região cafeeira de Minas Gerais, voltam ao cenário atual vitivinícola através da técnica de dupla-poda, pois apresentam condições ambientais que permitem esse tipo de manejo com a maturação das uvas durante os meses de julho e agosto, apresentando índices de qualidade nitidamente superiores (FAVERO, 2007) àqueles observados para as mesmas cultivares em ciclo normal nas tradicionais regiões produtoras.

Com a evolução dos estudos de dupla-poda, surge no cenário vitivinícola paulista um novo perfil de produtor, sem tradição no setor, com capacidade de investimentos, buscando trabalhar com um produto com alto padrão de qualidade para um mercado mais exigente, cultivando principalmente uvas *Vitis viniferas* L. e especialmente concentrados na Região da Serra da Mantiqueira, área tradicional de produção cafeeira. O cultivo de uvas *Vitis viniferas* L., para elaboração de vinhos finos de qualidade, tem crescido no estado significativamente, com a inclusão de novas marcas de vinho no mercado brasileiro com início em 2014, vinhos esses elaborados a partir de videiras plantadas em regiões não tradicionais do Estado de São Paulo. As regiões produtoras ocupam uma ampla gama climática no Estado de São Paulo, desde regiões quentes e secas (Bebedouro, Garça, Ituverava, Indaiatuba) até regiões de clima frio a temperado (São Bento do Sapucaí, Campos do Jordão) (VERDI & OTANI, 2016).

Segundo Belancic e Agostin (2002), quando uma cultivar específica se encontra em regiões geográficas diferentes e é vinificada usando as mesmas técnicas, o vinho produzido possuirá certas qualidades inerentes à região. Compreender como as diversas estruturas polifenólicas e aromáticas presentes na

uva e os mecanismos de sua evolução durante a vinificação é base indispensável na avaliação de seu papel em enologia e no desenvolvimento de processos tecnológicos adaptados ao potencial da matéria prima e ao tipo de produto final desejado (FLANZY, 2004).

Diante dos aspectos mencionados, essa tese busca qualificar as possíveis diferenças edafoclimáticas de duas microrregiões do sudeste brasileiro e a as principais diferenças dos vinhos elaborados com uvas da mesma cultivar (Syrah) produzidas nesses locais. Desta forma, o trabalho foi subdividido em duas vertentes principais: a) a caracterização edafoclimática das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, através do levantamento de dados da tríade principal que interfere no *terroir*, que são o solo, o clima e a planta; e b) o estudo dos vinhos através da sua composição fenólica, volátil e sensorial para avaliar potencialidades e fazer uma possível diferenciação entre *terroirs*.

Nesse sentido, esse trabalho, o qual foi realizado durante as safras de 2013 e 2014, será apresentado com uma revisão bibliográfica geral e posteriormente dividido em três capítulos:

- 1- Caracterização edafoclimática das microrregiões estudadas;
- 2- características fenólicas dos vinhos elaborados nas microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí; e,
- 3- composição volátil e sensorial dos vinhos elaborados nas microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Terroir*

Segundo Tonietto (2007), vinhos de *terroir* são os que cumprem todas as exigências para uma denominação de origem, pois possuem originalidade, diferenciação e agregam características da sua procedência; devem, assim, exprimir a interação da natureza (clima e solo) com o homem (cultivar escolhida, sistema de condução e elaboração). Cada região de cada país vitícola adapta suas cultivares e clones, seus vinhedos e seu processo, para satisfazer os desejos ou necessidades dos seus consumidores, os quais estão cada vez mais exigentes (RAZUNGLES apud FLANZY, 2004). Alinhar os conhecimentos relacionados às características climáticas, à adaptação de cultivares e aos processos de vinificação são desafios na área vitivinícola em todos os países dedicados a essa produção. No Sul do País, a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária vem estudando as peculiaridades de cultivares para Indicações Geográficas (IG) e Denominações de Origem (DO), como a Merlot, no Vale dos Vinhedos, a Marselan, na Serra Gaúcha, a Tannat, na Campanha, a Riesling Itália, Cabernet Franc e Ancellotta, na Indicação de procedência dos Altos Montes, e do Moscato, no município de Farroupilha (EMBRAPA, 2018). No Sudeste, os estudos para possíveis IG/DO estão sendo feitos pelo IAC – Instituto Agrônomo de Campinas e pela EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, mas até o momento sem certificações.

2.2. Panorama da vitivinicultura nacional e paulista

A cultura da videira, no Brasil, foi trazida pelos colonizadores portugueses no século XVI, permanecendo incipiente até o século XX, quando se tornou uma atividade comercial (ALMEIDA, BRAGAGNOLO e CHAGAS, 2015; LEÃO, 2010; PROTAS e CAMARGO, 2011; LEAO et al., 2000). A disseminação desta cultura se deu inicialmente através das cultivares *Vitis Labruscas* L. com produção em São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Atualmente estamos em plena evolução no setor vitivinícola, pois se começou a investir na implantação de vinhedos de *Vitis viniferas* L. e a produzir vinhos finos por volta dos anos 1940; por volta de 1970, o setor começou a buscar qualidade e produzir vinhos mais tecnológicos, com apelo monovarietal; e a partir de 1995, iniciou-se um trabalho de identidade regional,

apostando-se na diversificação e trabalhando-se os vinhos de forma a atingirem qualidade de padrão internacional, visando construir identidades regionais através de IP (Indicação de Procedência) e DO (Denominação de Origem) (TONIETTO, 2001; GUERRA, 2009; ALMEIDA, BRAGAGNOLO e CHAGAS, 2015).

No ano de 2016, o Brasil produziu 958.676 toneladas de uvas tendo uma redução de 35,75% em relação a 2015, segundo o Levantamento Sistemático Agrícola do IBGE, 2016. Grande parte desta redução deveu-se às intempéries climáticas ocorridas no Rio Grande do Sul no período de produção, tendo ocorrido decréscimo de 52% no total da produção daquele Estado (VERDI e OTONI, 2016). Estima-se que tenha-se em torno de 30 milhões de brasileiros que são consumidores regulares de vinhos e 800 mil entusiastas, com preferência pelos vinhos tintos, seguidos pelos espumantes, e com um crescente consumo de vinhos finos de grande qualidade (COPELLO, 2015; TERUCHKIN, 2003; ALMEIDA, BRAGAGNOLO e CHAGAS, 2015; CEMBALO, CARACCIOLO, e POMARICI, 2014). A especificidade e qualidade de um produto são determinadas por alguns fatores primordiais, entre eles: a cultivar as condições ambientais da região onde se está produzindo e a relação da tecnologia enológica utilizada para fazer a melhor interação entre a cultivar e o ambiente (VAUDOUR, 2004; CONDURSO et al., 2016).

O Brasil possui uma vasta área territorial apta ao plantio de vinhedos e detém diferentes características climáticas nas regiões vitivinícolas. Possui viticultura de clima temperado, que é a viticultura mais tradicional centrada nos estados do Sul e Sudeste. A viticultura subtropical está representada apenas pelo Norte do Paraná com produção predominante de uvas finas para mesa, viticultura tropical, que engloba Noroeste de São Paulo, Norte de Minas e Vale do Submédio São Francisco (PROTAS, CAMARGO, MELLO, 2006). Todas essas características diferenciadas fazem com que cada região produtora tenha característica própria e peculiar. Devido a todas estas diferenças edafoclimáticas, juntamente com a busca pela melhoria do vinho nacional e a constante evolução do hábito de consumo de vinhos finos nacionais, tem-se buscado novas fronteiras e novas formas de manejo para que se consiga uma maturação plena da uva, podendo desta forma ter vinhos, principalmente tintos de alta qualidade (REGINA et al. 2011). Na Figura 1, pode-se observar os principais pólos vitivinícolas do País.

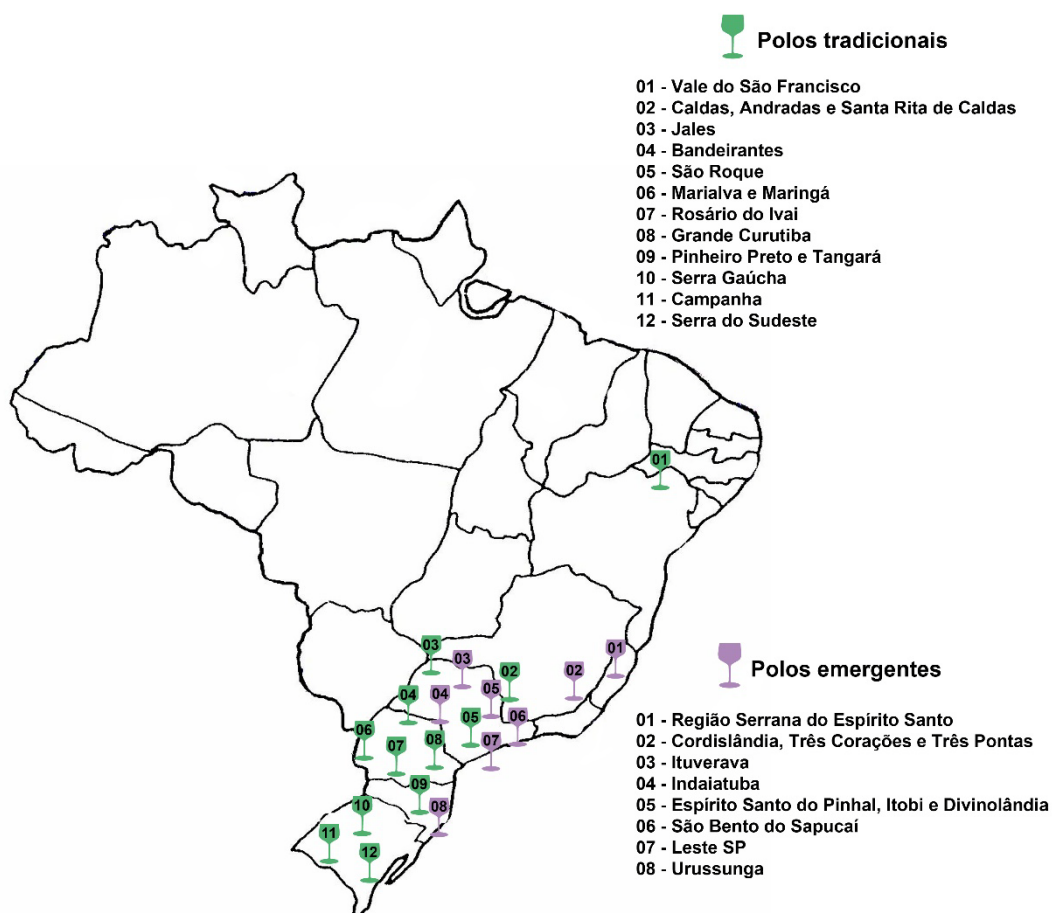


Figura 1. Mapa do Brasil com a inserção dos novos polos vitivinícolas.

Fonte: Adaptado de GUERRA, 2012.

Esses polos da vitivinicultura, tradicionais e emergentes, estão progressivamente entrando no cenário dos vinhos finos brasileiros, fornecendo produtos que surpreendem pela sua originalidade e qualidade, com um grande apelo comercial; nesses polos, cultivam-se *Vitis viniferas* L. em regiões sem tradição vitivinícola e com manejo da videira diferenciado.

Segundo Inglez de Sousa (1996), o primeiro registro de venda de vinho no Brasil, que data de 1669, foi encontrado no Cartório de 1º Ofício do Município de Jundiaí, embora só tenha realmente entrado no cenário vitícola com produção de uvas na década de 1990, principalmente com o cultivo de *Vitis labrusca* L. para consumo *in natura*. Atualmente, o Estado de São Paulo é o segundo maior em área cultivada e o terceiro em produção (MELLO, 2016). Mesmo havendo um decréscimo

na produção de uvas em âmbito nacional de 2015 para 2016, no Estado de São Paulo ocorreu o oposto; nesse houve um acréscimo de 0,6% na produção, segundo dados do IBGE, 2016. Conforme o Levantamento Subjetivo do IEA/CATI da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, em 2015, a produção de uvas no Estado foi de 132 mil toneladas. Em 2013, a participação da produção paulista representava 12,2% do volume de uva brasileira, 10,2%, em 2014, e 9,5%, em 2015, mas aumentou para 14,9%, em 2016. A APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) coordena o projeto Pró-Vinho, junto com a Câmara Setorial de Uva e Vinho do Estado de São Paulo, criado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA/SP. Aqueles órgãos, por meio de levantamentos realizados nos anos de 2015 e 2016, constataram que está ocorrendo uma mudança de paradigma na vitivinicultura paulista, com o surgimento de novos empreendedores sem tradição na área agrícola (Figura 2), com importantes investimentos em tecnologia e mão de obra qualificada para a elaboração de vinhos finos de qualidade. Estes novos empreendedores estão localizados na Serra da Mantiqueira e regiões onde é possível a introdução da dupla-poda para colheita no inverno. As regiões em destaque hoje estão nos municípios de Espírito Santo do Pinhal, Divinolândia, Itobi, Indaiatuba, Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Ituverava (VERDI e OTONI, 2016).



Figura 2. Região Paulista da Mantiqueira: área privilegiada pelos novos empreendedores do vinho.

Fonte: Verdi e Otoni (2016).

2.3. Caracterização macroclimática de diferentes regiões vitícolas do Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo está localizado entre as coordenadas geográficas 19°30' e 25°15' S de latitude e 44°00' e 53°15' W de longitude, com uma área de 248.209 km². Possui fronteiras interestaduais com o Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso e Paraná, limitando-se ao sudeste com o Oceano Atlântico. Segundo Camargo et al., (1974), as características climáticas do Estado são consideradas como tipicamente tropicais. No entanto, devido às regiões montanhosas, o clima pode ser classificado como tropical de altitude. As chuvas são abundantes, especialmente no verão, tornando o clima tropical úmido, uma condição que favorece a agricultura e pecuária. Pela sua extensão territorial, apresenta regiões em que o desenvolvimento agropecuário é diferenciado, em função da distribuição das chuvas durante o ano; há ocorrência de geadas e secas ocasionais, que podem interferir nas fases fenológicas críticas das culturas.

O Estado de São Paulo abrange seis tipos climáticos distintos, todos sendo considerados úmido, segundo a classificação climática de Köppen (RUSSO Jr., 1980; CAMARGO et al., 1974). O clima considerado Cwa, classificado como clima temperado quente (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, abrange toda a parte central do planalto, sendo caracterizado pelo clima tropical de altitude. Nesse caso, a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente, superior a 22°C. Algumas áreas serranas do Estado são classificadas como sendo Cwb, considerado clima temperado chuvoso (mesotérmico), também chamado subtropical de altitude. As regiões mais quentes e com menor altitude, a noroeste, são classificadas como sendo do tipo Aw, clima tropical úmido (megatérmico) de savana, com inverno seco e verão chuvoso. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C e a precipitação do mês mais seco são inferiores a 60 mm. Ao sul do planalto, margens do rio Paranapanema e do rio Ribeira do Iguape, aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca no inverno, sendo do tipo Cfa. As áreas com altitudes mais elevadas (Serra do Mar e da Mantiqueira), com verão ameno e chuvosas o ano todo, têm o clima classificado como Cfb. A faixa litorânea recebe a classificação Af, caracterizada pelo clima tropical chuvoso, sem estação seca.

De maneira geral, as temperaturas médias anuais são mais elevadas na região norte e noroeste do Estado (22-23°C) e diminuem em direção a região sul e sudoeste, atingindo valores mínimos nas áreas serranas mais elevadas (15-17 °C). As chuvas no Estado são tipicamente de verão. Há dois períodos distintos: chuvoso, de outubro a março, e seco, de abril a setembro, esse popularmente denominado de inverno.

Nas figuras 3 e 4, são apresentados os mapas das temperaturas médias mensais, utilizando o modelo numérico de elevação do terreno na espacialização dos dados (BARDIN, 2012). Observa-se que o mês de fevereiro (Figura 3) apresenta temperaturas mais elevadas e a maior área é representada pela faixa de temperatura entre 24,1 e 26,0 °C. O mês de julho (Figura 4) apresenta as temperaturas mais baixas, variando entre valores inferiores a 12° C e 22 °C. Observa-se, de maneira geral, que a região oeste possui temperaturas mais elevadas comparadas a região leste do Estado.

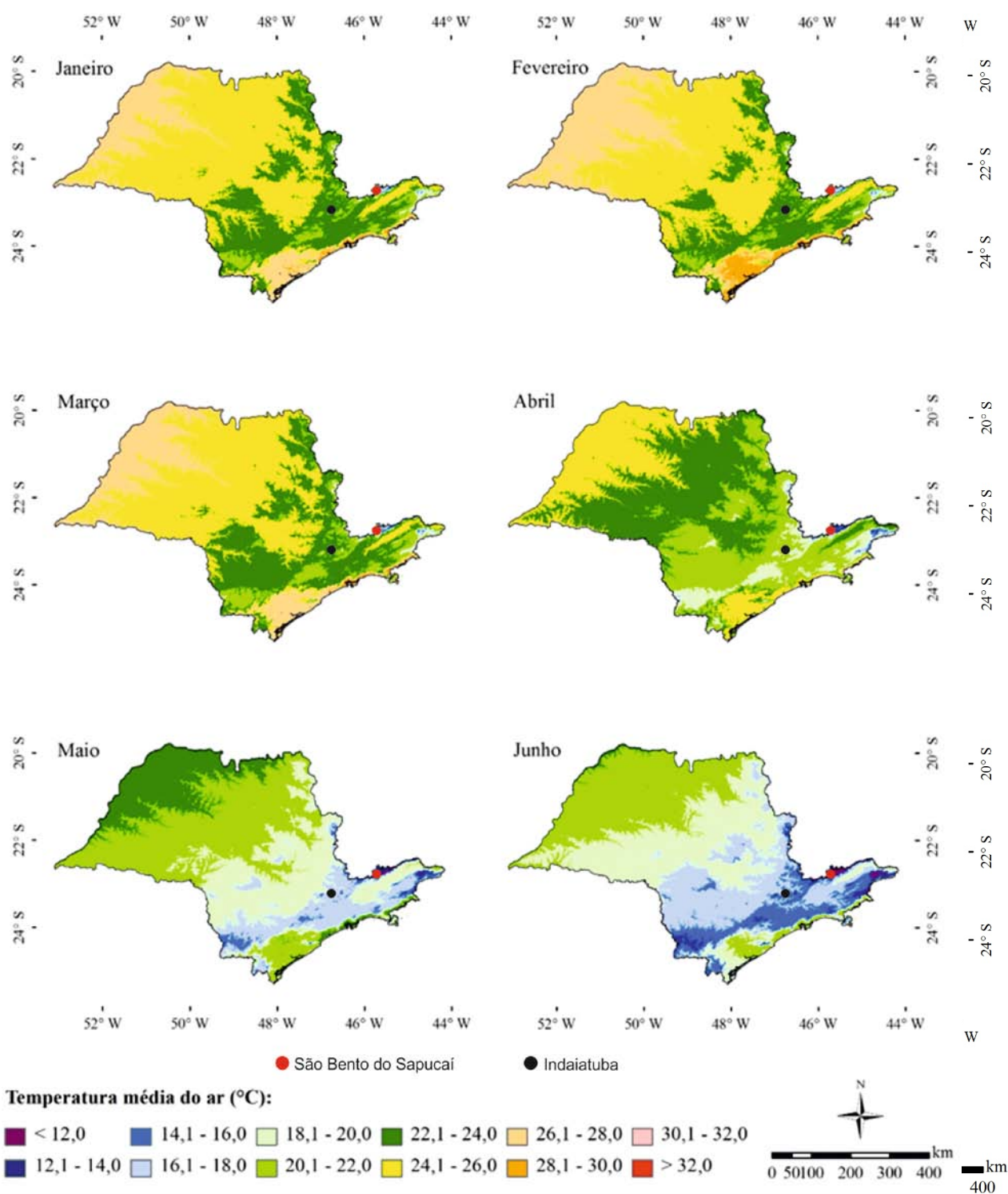


Figura 3. Variação espacial das temperaturas médias do ar para os meses de janeiro a junho, para o Estado de São Paulo.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

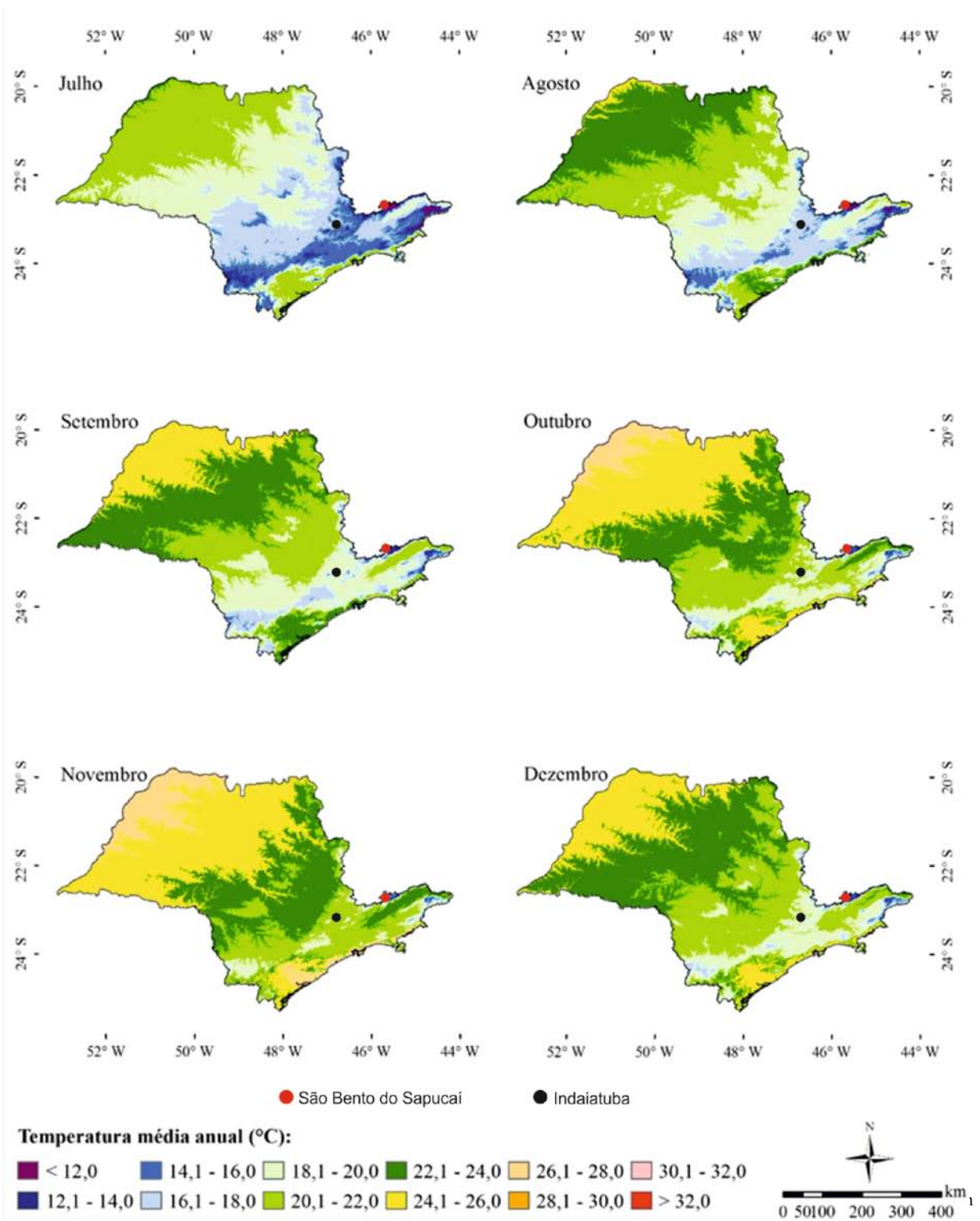


Figura 4. Variação espacial das temperaturas médias do ar para os meses de julho a dezembro, para o Estado de São Paulo.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

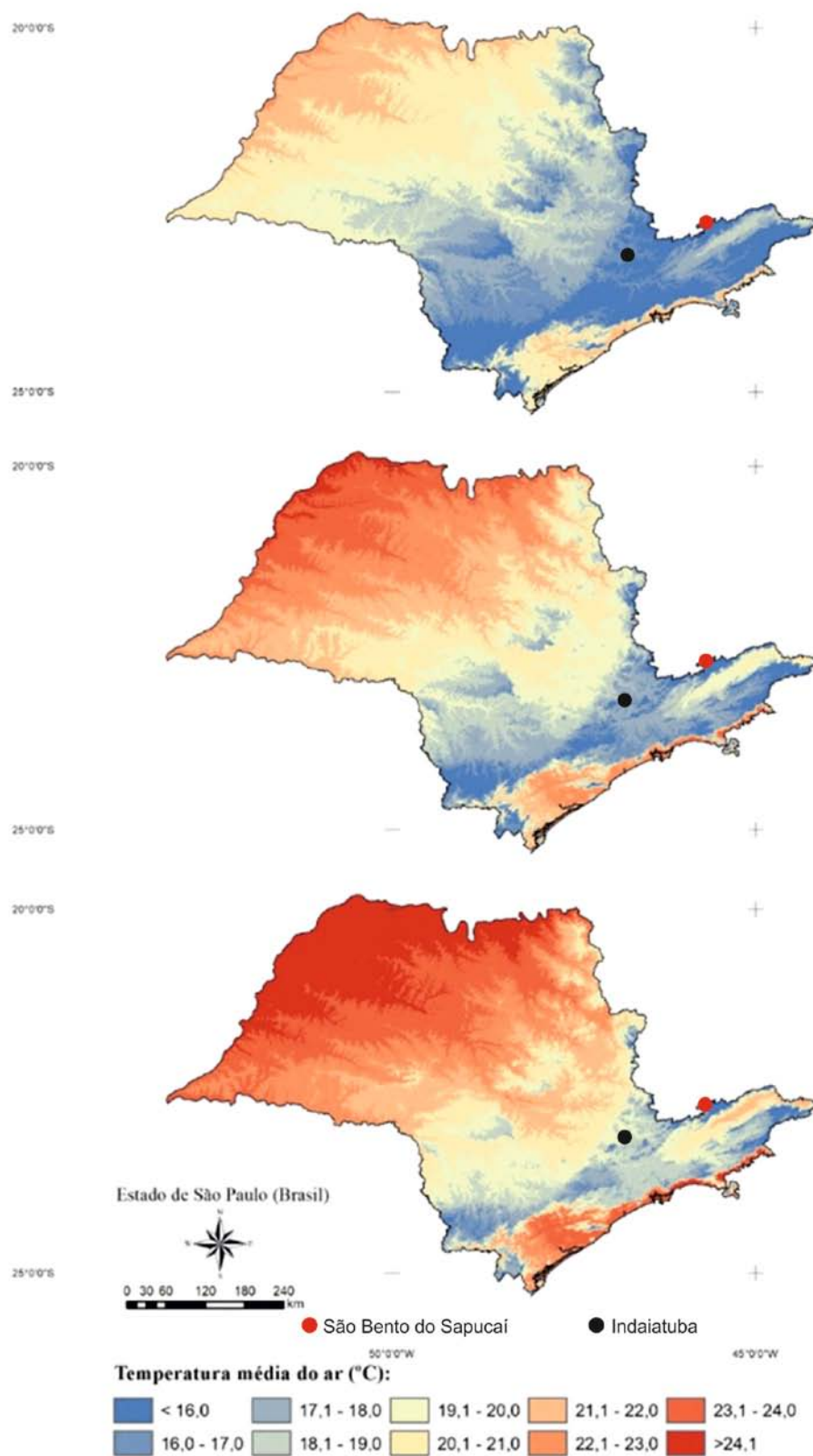


Figura 5. Variação espacial das temperaturas médias do ar para os meses de julho a setembro, para o Estado de São Paulo.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

A figura 5 mostra as temperaturas médias no estado de São Paulo para os meses de julho a setembro, período esse, de maturação das uvas quando se aplica o manejo de dupla-poda. As duas regiões estudadas neste trabalho (Indaiatuba e São Bento do Sapucaí) localizadas ao leste do estado, possuem temperaturas médias entre 16 e 21 °C durante este período do ano.

2.4. Caracterização climática de alguns municípios com vocação vitícola do Estado de São Paulo

Na literatura, é amplamente citado que o clima é um dos principais fatores que afetam diretamente a fisiologia, o crescimento e a fenologia da videira, determinando áreas com maior ou menor potencial para sua produção (ALBUQUERQUE & ALBUQUERQUE, 1982; HIDALGO, 1999). No entanto, na caracterização de mesoclimas em áreas vitícolas são comumente utilizados índices bioclimáticos baseados na temperatura do ar (JONES et al., 2010), geralmente calculados durante o período de crescimento e desenvolvimento da videira.

Na figura 6, são apresentados os valores da temperatura média mensal (°C) e a precipitação pluvial média mensal para alguns municípios com vocação vitícola do Estado de São Paulo. Os dados foram obtidos junto ao Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO do Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA), para o período entre 10 e 20 anos de dados. Observa-se, de maneira geral, que os meses de inverno são os menos chuvosos, sendo os valores mais elevados de chuva observados nos meses de verão, em todos os municípios. A temperatura média anual (TMA; °C), na região de São Roque, é de 20,1°C, com total de chuva anual em torno de 1350 mm. Em Indaiatuba, o volume total de chuva anual é um pouco inferior, em torno de 1200 mm, com TMA igual a 22,3 °C. Na região de Espírito Santo do Pinhal, o total de chuva anual é de 1400 mm, com TMA de 21,6 °C. Em Divinolândia, a TMA é igual a 21,7 °C, com total de chuva anual de 1330 mm. Na região de Itobi / Vargem Grande do Sul, o total de chuva anual é de 1250 mm, com a TMA igual a 21,7 °C. Em São Miguel Arcanjo, a TMA é inferior às demais localidades, sendo de 20,4 °C com total de chuva anual de 1170 mm. Na região de Jundiaí e Louveira, a TMA é em torno de 21,2 °C, com total de chuva anual de 1430 mm. A região de São Bento do Sapucaí, a região mais elevada, a TMA é igual a 15,1 °C, com o total de chuva anual de 1740 mm.

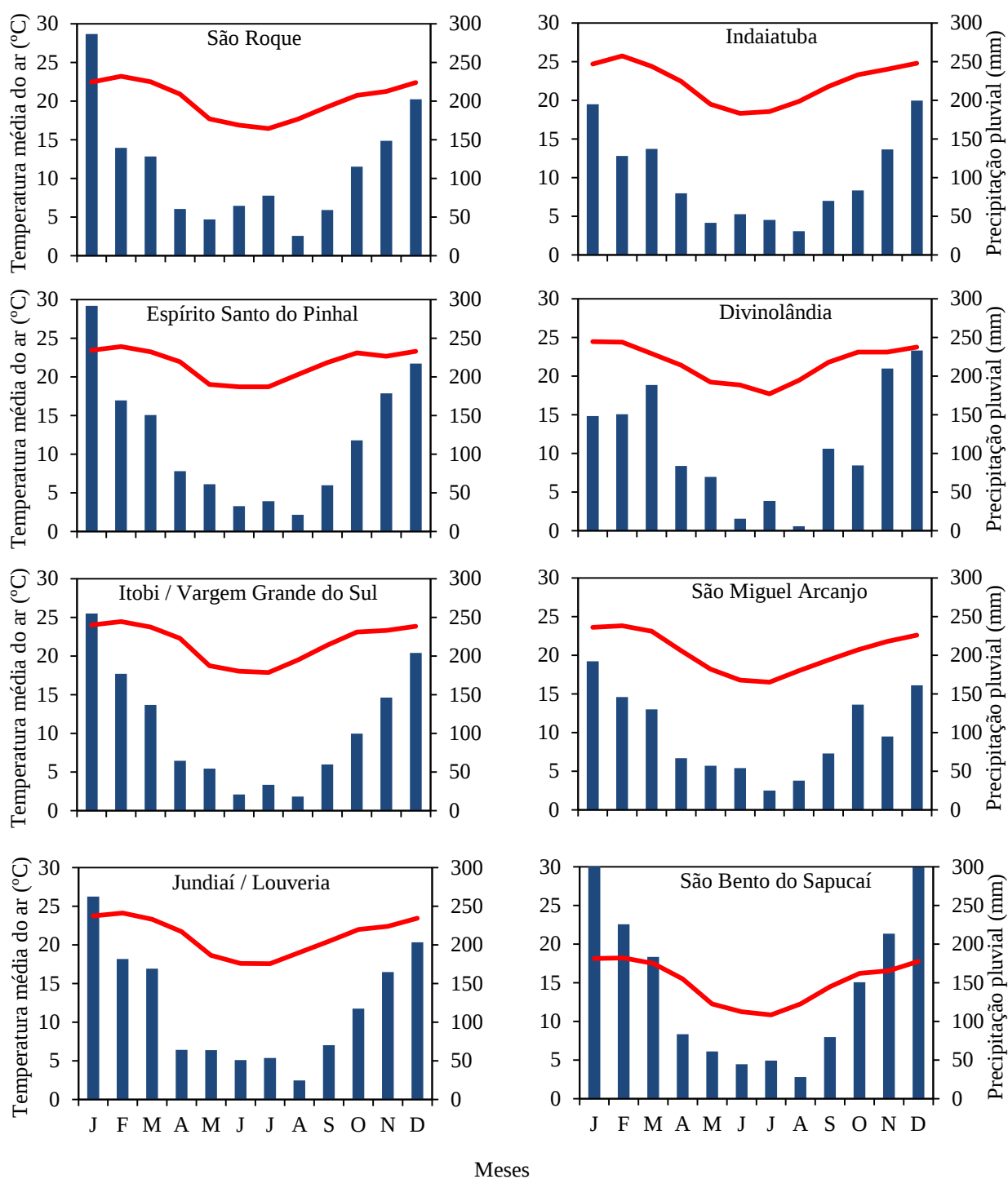


Figura 6. Temperatura média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) para diferentes municípios vitícolas do Estado de São Paulo.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

Por estar o Estado de São Paulo localizado numa região tropical, há possibilidade de obtenção de duas safras de uva por ano. Nesse contexto, calcularam-se para os municípios citados acima os índices heliotérmico (IH), que informa o potencial heliotérmico ligado à maturação da uva e a duração do ciclo, e o índice de frio noturno (IF), que informa sobre as condições térmicas relativas ao frio noturno, indicativas para o período de maturação da uva (maiores detalhes podem ser obtidos em Tonietto e Carbonneau, (2004). Foram considerados dois períodos de produção: safra de verão (agosto a janeiro) e safra de inverno (janeiro a junho).

Na Figura 7, são apresentados os valores do IH e IF para os diferentes municípios considerados. De acordo com a classificação do IH, baseada no Sistema de Classificação Climática Multicritério Geovitícola (TONIETTO e CARBONNEAU, 2004), valores de IH entre 1500 e 1800 caracterizam uma região como sendo de clima frio, como é o caso de São Bento do Sapucaí, que apresentou valores de IH igual a 1510 (safra de inverno) e 1635 (safra de verão). Locais com valores de IH entre 2100 e 2400 são classificados como sendo de clima temperado quente, como é o caso de São Miguel Arcanjo. Já locais com valores de IH entre 2400 e 3000 são classificados como sendo de clima quente, como é o caso de São Roque, Indaiatuba, Espírito Santo do Pinhal, Divinolândia, Itobi, Jundiaí e Louveira, para ambas as safras.

Para o IF, observa-se que os valores para a safra de inverno, devido à maturação ocorrer nos meses de inverno, são inferiores aos obtidos na safra de verão. De acordo com Tonietto e Carbonneau (2004), noites com valores de IF inferiores a 12 °C são consideradas muito frias, como pode ser observado (considerando a safra de inverno) para São Bento do Sapucaí, São Roque, Itobi, São Miguel Arcanjo, Jundiaí e Louveira. Para valores entre 12 e 14 °C, as noites são consideradas frias, condições encontradas em Indaiatuba, Divinolândia e Espírito Santo do Pinhal. Já para a safra de verão, a região de São Bento do Sapucaí é considerada como sendo de noites frias (IF entre 12 e 14 °C). Também são observados alguns municípios que possuem as noites classificadas como temperadas, com valores de IF entre 14 e 18 °C, como São Roque e São Miguel Arcanjo. As demais regiões são classificadas como clima com noites quentes (> 18 °C).

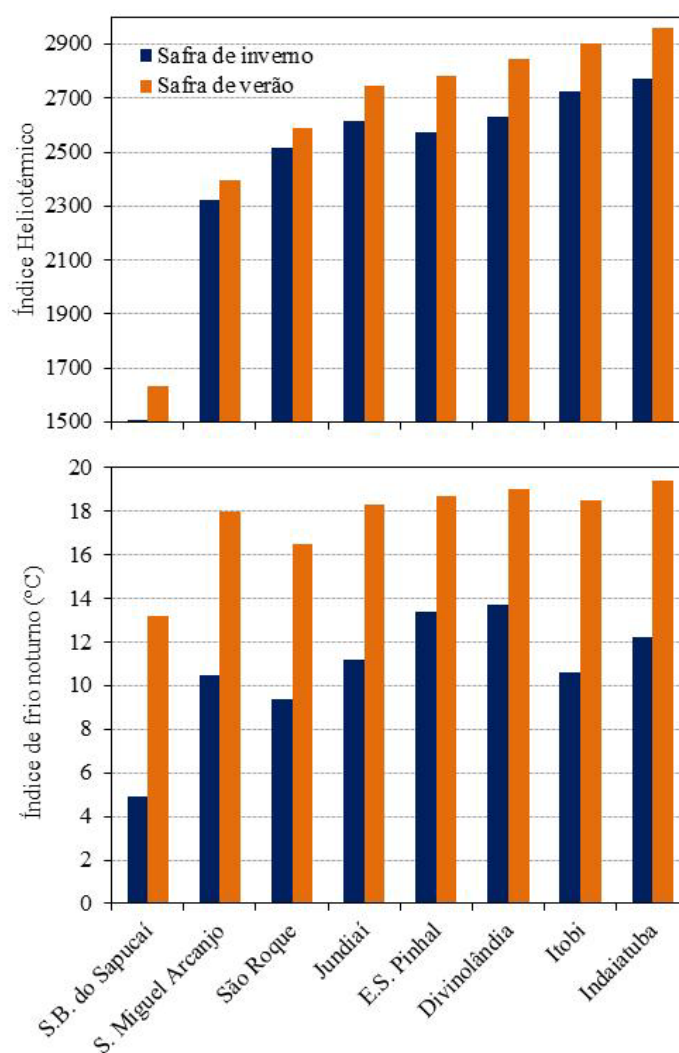


Figura 7. Valores dos índices heliotérmico e de frio noturno para diferentes municípios vitivinícolas do Estado de São Paulo.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

2.5. Produção extemporânea com a prática de dupla-poda

No Estado de São Paulo, assim como na maioria das regiões de viticultura tropical, a época de colheita coincide com período chuvoso, o que não é o ideal para elaboração de vinhos finos de qualidade, pois nesta época não é possível a maturação fenólica da uva, devido às condições climáticas (DAL'OSTO, 2012). O uso da dupla- poda já é prática conhecida e aplicada para uvas de mesa, mas não para as cultivares destinadas à elaboração de vinhos finos. Estudos preliminares, realizados no município de Três Corações, região cafeeira do sul de Minas Gerais, no qual o clima é similar ao do Estado de São Paulo, mostraram que a cultivar Syrah

apresentou boa adaptação quando o ciclo de maturação foi transferido para coincidir com o período de seca, julho/agosto (AMORIM, et al., 2005).

Na América Latina como um todo, incluindo o Brasil, o ciclo da videira inicia com a poda durante o período de inverno (final de julho até agosto), a formação de ramos e brotação ocorrem até outubro, a floração em novembro, o pintor em dezembro e a colheita em janeiro a abril, excepcionalmente maio; após esse período, até agosto, a planta conclui o período de acúmulo de fotoassimilados e entra em dormência (Figura 8). A diferença primordial entre os ciclos do Brasil e do restante da América do Sul, que reflete diretamente no potencial qualitativo do vinho, é a quantidade de chuva no período de maturação. Na Argentina, chove 200 milímetros ao ano; no Chile, a variação pluviométrica é de 350 a 1000 mm, ocorrendo chuvas principalmente no período de inverno; no Brasil, durante o período de maturação chove uma média de 200 mm mês, impossibilitando desta maneira, que a uva contemple uma maturação fenólica normalmente demandada para a vinificação, especialmente para vinhos tintos de guarda. A técnica da dupla-poda, como pode ser observada no Fluxograma a seguir (Figura 8), consiste em podar a planta em agosto para formação de ramos e retirar toda a produção proveniente desta brotação. Em janeiro do ano seguinte, após a lignificação completa dos ramos, efetua-se a poda de produção, que formará os ramos produtivos. A colheita ocorre aproximadamente 160 dias após a poda, em pleno inverno, em condições de clima favorável para a maturação completa do fruto (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; RICCE; CARAMORI; ROBERTO, 2013).

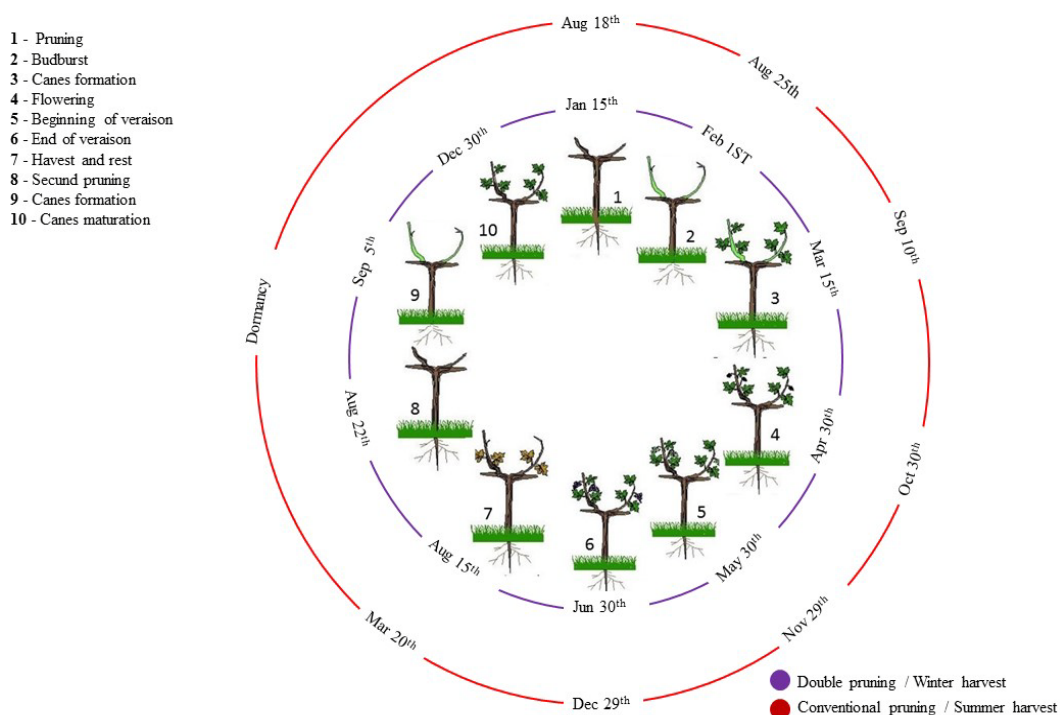


Figura 8. Fluxograma de fisiologia da videira na América do Sul – Ciclo de produção tradicional e Ciclo de produção com dupla-poda e colheita de inverno.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

Segundo Favero (2008), o emprego da dupla-poda permite que o manejo do vinhedo seja mais sustentável que o tradicional, pois com as condições de clima seco, a videira não tem doenças e não precisa que se utilizem defensivos agrícolas, além de possibilitar a produção de vinhos de qualidade por conseguir atingir-se uma maturação adequada dos compostos fenólicos. A inversão de ciclo com a dupla-poda começou a ser testada e implantada na cidade de Três Corações, no Estado de Minas Gerais, com uma boa adaptação da cultivar Syrah (FAVERO et al. 2011). No nordeste daquele Estado foram feitos testes com as cultivares Syrah, Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Pinot Noir, Sauvignon Blanc e Chardonnay, todas com sucesso (REGINA et al., 2011). Em todas as regiões onde vem sendo realizado a inversão de ciclo, as plantas apresentaram bons índices de produtividade e frutos com maiores teores de pH, sólidos solúveis, açúcares, antocianinas e fenólicos totais, maior sanidade e redução no tamanho das bagas na safra de inverno em relação à safra de verão (DAL'OSTO, 2012).

2.6 Composição química do vinho

O vinho é obtido através da fermentação alcoólica do mosto da uva, processo esse que modifica a composição química do mosto através do desaparecimento dos açúcares e a consequente formação do álcool e compostos voláteis os quais formam os aromas. O vinho, à semelhança da maioria das matrizes alimentares, possui uma composição complexa e susceptível a mudanças, dependendo da forma como é elaborado e da região de origem da uva, assim como a cultivar utilizada no processo (TOGOIRES, 2011). Mas, de modo geral, a composição geral dos mostos e vinhos compreende valores conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do mosto e do vinho (g.L⁻¹).

	Mosto	Vinho
Água	700 a 850	750 a 900
Açúcares	140 a 250	0,1 a 2
Polissacarídeos	3 a 5	2 a 4
Álcoois	-	69 a 121
Polióis	-	5 a 20
Ácidos Orgânicos	9 a 27	3 a 20
Polifenóis	0,5	2 a 6
Compostos nitrogenados	4 a 7	3 a 6
Sais minerais	0,8 a 2,8	0,6 a 2,5
Vitaminas	0,25 a 0,8	0,2 a 0,7

Fonte: Flanzky 2004.

A água é o meio de dissolução de todos os outros componentes do vinho, sendo o componente mais abundante, podendo conter de 75 a 80%. A quantidade de água no vinho é influenciada pela casta, pelas condições edafoclimáticas e pelo grau de maturação da uva.

Os açúcares da uva são constituídos quase que exclusivamente por glicose e frutose (C₆H₁₂O₆), sendo a relação glicose/frutose igual a 0,95 no estado de maturação. Também se encontram pequenas quantidades de pentoses e traços de sacarose (BLOUIN e GUIMBERTEAU, 2003). A legislação brasileira (Decreto n.º 9.348, de 17/04/2018) permite adição de açúcar para corrigir até 3° GL nos vinhos, através da adição de sacarose (chaptalização) para obtenção do grau alcoólico desejado. Durante a fermentação alcoólica, o açúcar é praticamente todo consumido

pelas leveduras para transformação em álcool, sobrando pequenas quantidades chamadas de açúcar residual. O açúcar presente na uva, além de responsável pela formação de álcool, também participa na formação da cor, associando-se covalentemente às antocianidinas, e contribui na formação de compostos voláteis aromáticos (CONDE et al., 2007). O álcool possui um cheiro que é o suporte, o excipiente do aroma e do *bouquet* dos vinhos.

As técnicas analíticas de precisão atuais permitiram classificar substâncias que se encontram frequentemente em uma concentração ínfima, como o caso dos compostos aromáticos (FLANZY, 2004; Regulamento CE n.º 479/2008). A Syrah é considerada uma cultivar aromática, pois possui quantidade de terpenos que variam de 1 a 30 mg.L⁻¹, com destaque para os florais (violeta e rosa) e especiarias (MAYR et al., 2014; ZANG et al., 2015; FARIÑA et al., 2015; CONDURSO et al., 2016). Seus vinhos são ricos em compostos sesquiterpenos e norisoprenóides -C13 (RAZUNGLES e BAYONOVE 2000; CONDURSO et al., 2016), mais recentemente descobriu-se que o descritor aromático de pimenta preta, fortemente associado a esta cultivar está ligado ao composto rotundona (DAVIES et al., 2015).

A quantidade de glicerol no vinho oscila entre 5-10 g/L, sendo dependente da cultivar da uva, grau de maturação (sua concentração em açúcares) e estirpe de levedura (TOGOIRES, 2011).

A acidez está diretamente relacionada com a acidez do mosto, a concentração de potássio e a predominância do ácido tartárico em relação ao ácido málico. A acidez tem importante participação nas características sensoriais, na estabilidade físico-química e biológica do vinho e no seu tempo de guarda (RIZZON e MIELE, 2002). O vinho deverá possuir um teor de acidez total, decorrente do teor de vários ácidos orgânicos, não inferior a 3,5 gramas por litro. Por oposição, a acidez volátil decorre do teor em ácido acético (Regulamento CE nº 479/2008), que deverá ser a mínima possível. A acidez total é também muito importante na conservação dos vinhos, uma vez que contribui para a resistência de alterações bacterianas, devido à sua relação com o pH.

O pH exerce um papel importantíssimo na cor dos vinhos tintos. Em um pH de 3,5 a 4,1, apenas 20 a 30 % das antocianinas ficam coloridas, o restante está em sua forma incolor. O pH interfere diretamente na tonalidade dos vinhos tintos, deixando-os menos roxo. Vinhos com pH baixo apresentam cor mais brilhante, necessitam menos anidrido sulfuroso para protegê-los e são mais resistentes à

oxidação e ao ataque de microrganismos (TOGOIRES, 2011; RIZZON e MIELE, 2002; RIZZON, ZANUZ e MIELE, 1998).

As vitaminas (as mais abundantes são as do complexo B e a vitamina C) e os compostos nitrogenados estão presentes em quantidades pequenas, mas são importantes fontes de nutrientes das leveduras. Esses compostos, junto com os lipídios e sais minerais, têm forte influência sobre as reações químicas, físico-químicas e bioquímicas que ocorrem durante a maturação da uva, na elaboração e na evolução do vinho (CABANIS; LARROQUE, 1994).

A cor e a estrutura do vinho dependem quase que exclusivamente do seu conteúdo em compostos fenólicos, já que são eles que demarcam a diferença entre vinhos tintos e brancos (PEYNAUD, 1993). Em vinhos novos, o teor em antocianinas situa-se entre 200-500 mg.L⁻¹, os teores em taninos condensados provenientes das sementes, cascas e engaços, nos vinhos tintos atingem 1-3 g.L⁻¹, mas estão praticamente ausentes nos vinhos brancos. Os compostos fenólicos participam significativamente da caracterização da região produtora e do vinho (FLANZY, 2004). Uma uva tinta com baixa quantidade fenólica apenas é apta a elaboração de vinhos roses ou claretes. Para um vinho tinto chegar ao nível dos “grandes vinhos tintos” é necessário que possua índices de polifenóis totais (IPT) de 60 a 70, sendo especialmente composto pela fração de taninos (TOGOIRES, 2011). A cultivar Syrah é rica em compostos fenólicos, especialmente antocianinas e flavonóis, o que resulta em vinhos com coloração intensa (DOWNEYA & ROCHFORT 2008; BUTKHUP et al., 2010) a concentração destes compostos no vinho está diretamente ligada ao processo e a temperatura usada para fermentar as uvas (GIL-MUÑOZ et al., 2009).

2.7. Compostos fenólicos

Dentre todas as substâncias que compõe o vinho tinto, os polifenóis desempenham função primordial, pois são eles que promovem a estabilidade e evolução da cor, estão ligados ao sabor e ao corpo do vinho; também contribuem indiretamente para as características aromáticas, são uma reserva importante de oxigênio e são substratos para reações de oxidação. Os compostos fenólicos estão contidos principalmente nas cascas e sementes das uvas, sendo transferidos ao vinho durante a etapa de maceração. São moléculas que possuem um anel benzênico e grupamentos hidroxila (LEE; JAWORSKI, 1987 apud TORRES, 2002;

RIBEREAU-GAYON et al. 2000). Suas propriedades provêm das interações ocorridas entre os compostos fenólicos e proteínas, polissacarídeos e outros polifenóis. São importantes, também, na conservação de alimentos devido a seus efeitos bactericidas e são considerados elementos essenciais no envelhecimento (LEE; JAWORSKI, 1987 apud TORRES, 2002).

Segundo Souza Filho e Manfroi (2005), os polifenóis também estão relacionados às propriedades benéficas a saúde humana, devido às suas propriedades funcionais.

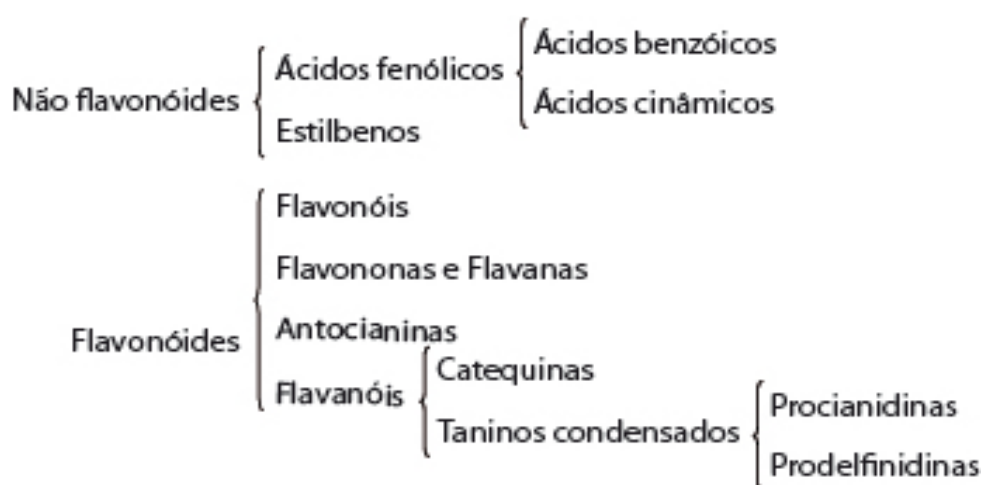


Figura 9. Classificação dos compostos fenólicos.

Fonte: Zamora, 2003.

Os ácidos fenólicos possuem pouca influência direta no vinho e encontram-se na casca, polpa, sementes e engaço. Os flavonóis são responsáveis pela cor amarela no vinho e são encontrados exclusivamente na casca. As antocianinas também se encontram prioritariamente na casca, com exceção de castas tintureiras e são responsáveis pela cor vermelha do vinho. Já os taninos condensados são responsáveis pelo amargor, adstringência, corpo, estrutura e capacidade de envelhecimento dos vinhos tintos e são localizados na casca, sementes e engaços (ZAMORA, 2003).

Os taninos e as antocianinas são os principais polifenóis dos vinhos tintos, dada a sua contribuição, respectivamente para a adstringência e a cor do vinho, e

também por propiciarem reações de complexação gerando compostos que asseguram a estabilidade da cor e o “amaciamento” do vinho (VIDAL; VUCHOT, 2005; KENNEDY, 2008).

2.7.1. Antocianinas

São entre os compostos fenólicos as substâncias mais afetadas pelas variações climáticas. As temperaturas mais altas são as mais favoráveis, mas acima de 35 °C a síntese de antocianinas é inibida. Temperaturas diurnas constantes entre 17 e 26 °C, junto com noites frias, são as condições ideais para a formação desses compostos, que estão presentes na uva entre uma concentração de 500 a 3.000 mg/Kg (TOGORES, 2011). As antocianinas, do grego *anthos* (flor) e *kyanos* (azul), são pigmentos naturais responsáveis por uma grande variedade de cores no reino vegetal, desde o laranja até o violeta, sendo responsáveis pelas cores de muitas flores e frutos (GLORIES, 1984). Nas uvas, constituem os pigmentos vermelhos, localizados essencialmente na casca e excepcionalmente na polpa (cultivares tintureiras).

O teor e a composição em antocianinas diferem entre castas. Para as espécies *Vitis viníferas* L., as antocianinas são glucosídeos de malvidina, peonidina, petunidina, delphinidina e cianidina, cujos diferentes níveis de hidroxilação e metoxilação (OCH₃) são apresentados na figura 8 (VIDAL; VOUCHOT, 2005). Estas cinco moléculas podem ser encontradas sob as formas aciladas resultantes da esterificação pelos ácidos acético, *p*-cumárico e cafeíco. A absorção máxima das antocianinas depende do nível de substituição dos ciclos, assim como da esterificação, podendo algumas moléculas determinar notas violetas (FLANZY, 2004).

Compostos	R1	R2
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃
Peonidina	OCH ₃	H
Petunidina	OCH ₃	OH
Cianidina	OH	H
Delfinidina	OH	OH

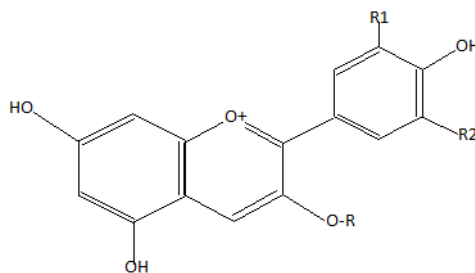


Figura 10. Antocianinas e suas formas aciladas.

Fonte: VIDAL, VUCHOT, 2005.

A estrutura básica da antocianina compreende dois anéis benzênicos unidos por um heterociclo oxigenado, insaturado e catiônico, o cátion flavilium, que deriva do núcleo 2-fenil-benzopirílio. No pH dos vinhos tintos (3,5 em média), apenas cerca de 20% das antocianinas se encontram na forma flavilium, o qual confere para o vinho a cor vermelha, sendo predominante a forma hemiacetal, incolor.

Nas *Vitis viníferas* L., as antocianinas principais são monoglicosídeos em posição 3. Em outras espécies do gênero *Vitis*, podemos encontrar diglicosídeos em posição 3 e 5 (RIBEREAU-GAYON, 2000), e nesta diferença reside uma das maneiras de se distinguir vinhos elaborados com uvas não viníferas dos vinhos elaborados com uvas viníferas.

As antocianinas estão presentes nas cascas; então a maceração e a fermentação exercem papel importante na extração e, conseqüentemente, na quantidade desses compostos no vinho. Os fatores que influenciam na concentração das antocianinas nos vinhos são: temperatura, tipo e tamanho da molécula, permeabilidade celular, composição do meio extrator e área superficial (KENNEDY, 2008).

A intensidade de cor e a tonalidade de um vinho são diretamente afetadas quando há modificação no equilíbrio das antocianinas. Estas reações são fortemente influenciadas pelo pH do vinho e pelo fenômeno de copigmentação, assim como pela combinação das antocianinas com os flavonóis (DAL'OSTO, 2012; RIBEREAU-GAYON, 2000; BOULTON, 2001). Segundo Mateus e Freitas (2006), as antocianinas presentes em solução encontram-se sob diferentes formas, que permanecem em

equilíbrio em função do pH. Quando o pH aumenta, a forma vermelha das antocianinas é substituída por outras estruturas incolores, atenuando desta forma a intensidade de cor. Já, a evolução da cor do vinho é fortemente influenciada pela copigmentação, que é considerada a primeira etapa na formação de novos pigmentos derivados das antocianinas, uma vez que copigmentação é definida pela interação química entre as antocianinas e os compostos fenólicos incolores do vinho. A copigmentação torna-se estável conforme diminui a concentração de água no meio e aumenta a quantidade de álcool durante a fermentação (CANALS et al., 2005).

Durante o envelhecimento, o vinho vai mudando sua cor, do vermelho púrpura para o alaranjado; normalmente esta modificação acontece devido a reações de oxidação ou pela condensação entre antocianinas e os flavonóis, quer diretamente ou através do acetaldeído (MATEUS & FREITAS, 2006; RIBEREAU-GAYON, 2000; FLANZY, 2004).

2.7.2. Taninos

Os taninos são muito importantes no vinho tinto, pois participam da cor e do gosto. Eles têm a propriedade de reagir com as glicoproteínas da saliva e com as proteínas da parede bucal, modificando seu estado e suas propriedades lubrificantes, sendo diretamente responsáveis pelas sensações gustativas de adstringência e de amargor, as quais organolepticamente dão ideia de estrutura e potencial de envelhecimento do vinho. (DAL'OSTO, 2012; RIBEREAU GAYON, 2003).

São geralmente divididos em dois tipos: hidrolisáveis e condensados. Os taninos hidrolisáveis são naturais da uva, presentes na casca e sementes, enquanto os condensados são encontrados na madeira de carvalho. Quimicamente, os taninos são resultantes da polimerização de moléculas elementares de função fenol. No vinho tinto, os taninos são constituídos por cadeias de flavonóis (proantocianidinas) mais ou menos polimerizadas, sejam por cadeias regulares, ou de maneira heterogênea por diferentes uniões, sendo moléculas fenólicas relativamente volumosas com pesos moleculares entre 500 e 3000 unidades de massa atômica. O tanino elágico, tanino condensado mais conhecido, apresenta fácil oxidação em meio hidroalcoólico e propriedades gustativas agradáveis, que são

transferidas ao vinho durante seu envelhecimento em barricas de carvalho (BRUNETON, 1991; RIBEREAU GAYON, 2003).

Na uva, os flavonóides monômeros são a catequina, a epicatequina, a galatequina e a epigalocatequina. Elas se encontram nas grainhas e na película principalmente, podendo também serem encontrados no engaço (VIDAL, VUCHOT, 2005).

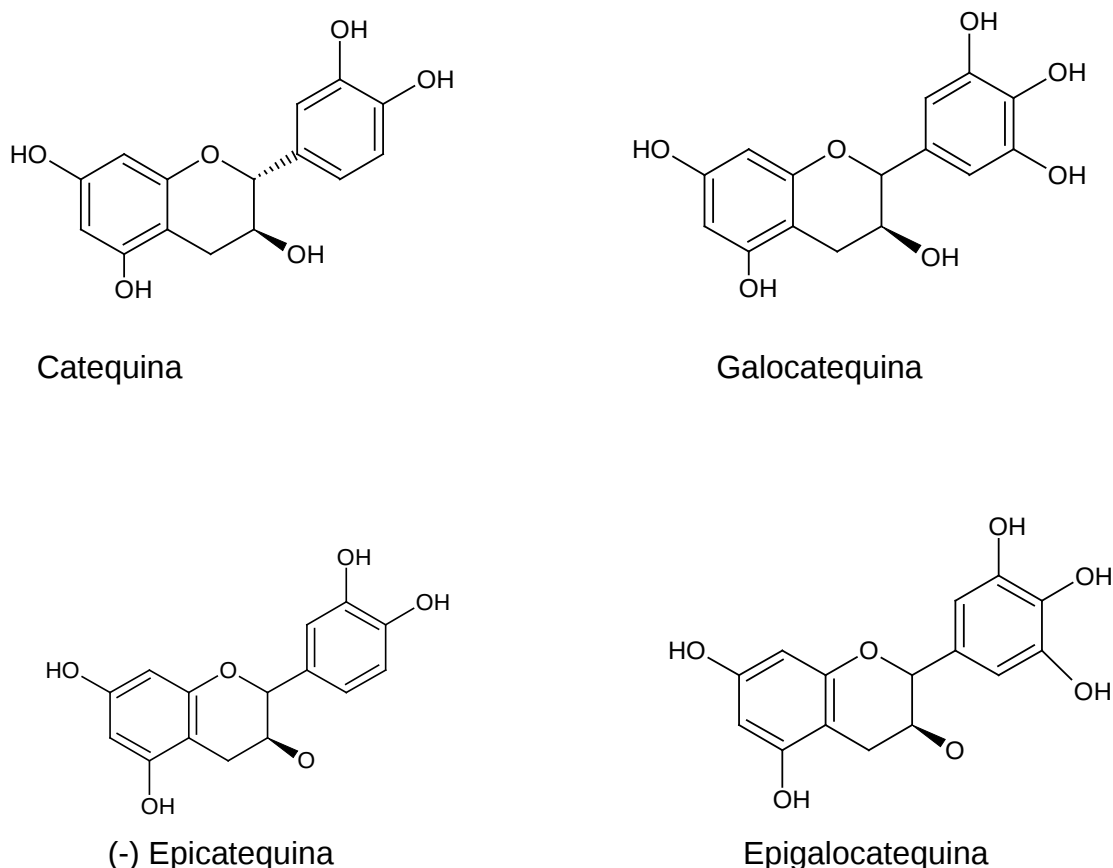


Figura 11. Estrutura dos principais flavonóis monômeros encontrados na uva e no vinho.

Fonte: Ribereau-Gayon, 2000.

A estrutura dos taninos influencia na percepção da adstringência do vinho e o conhecimento destas estruturas ao longo dos anos vem evoluindo devido as novas técnicas de análise. Vidal, et al. (2003) demonstrou que a adstringência aumenta com o grau de polimerização dos taninos. A percentagem de galitização (mais elevada nas grainhas) reforça o nível de adstringência, enquanto o nível de trihidroxilação (específico da película) o reduz. Durante o envelhecimento do vinho, o grau médio de polimerização dos taninos diminui devido à ruptura das cadeias de

tanino por hidrólise ácida e das recombinações com antocianinas, diminuindo a adstringência.

2.8. Aromas

Para se fazer a apreciação objetiva de um vinho e de sua evolução, é preciso considerar que o conjunto dos aromas livres mais os precursores aromáticos conjuntamente compõem o potencial aromático do vinho. A fineza e a tipicidade aromática do vinho são dependentes do potencial aromático da cultivar, do clone, do ano, do território (*terroir*), das práticas culturais, das manipulações com a uva antes da fermentação, da fermentação e do envelhecimento, além de fatores acidentais (naturais ou não) (BAYONOVE et al. apud FLANZY, 2000; FRANCIS E NEWTON, 2005).

Os aromas dos vinhos são consequência dos compostos voláteis já existentes na uva (livres ou precursores aromáticos) daqueles produzidos durante o processo fermentativo e dos formados durante a estabilização e maturação (BAYONOVE et al., 2000; CINCOTTA et al., 2015). Os aromas livres, são naturalmente odorantes, já os precursores de aromas, são aqueles formados durante o processo de vinificação e envelhecimento do vinho (VIDAL e VUCHOT, 2005). Segundo Blouin e Guimberteau (2012), encontramos diferentes compostos responsáveis pelo aroma do vinho, os quais podem ser separados em três grupos distintos: O de compostos não voláteis e não aromáticos que estão presentes em todas as cultivares e que por ação de microrganismos se transformam em compostos mais ou menos aromáticos. São os açúcares e aminoácidos, que originam dezenas de substâncias, álcoois, ácidos graxos, voláteis, ésteres, aldeídos entre outros. Esses compostos são chamados de aromas fermentativos e estão em todos os vinhos independente da cultivar de uva usada. São esses aromas que caracterizam a tipicidade de um vinho. As substâncias voláteis e aromáticas estão presentes em todas as castas, mas em algumas aparecem em concentrações muito elevadas, as quais nos permitem caracterizar cultivares específicas. Essas substâncias permanecem no vinho após a fermentação alcoólica, como no caso das uvas moscatéis e as pirazinas, esses compostos caracterizam os aromas livres da uva. O grupo das substâncias pouco voláteis e inodoras, que por ação de enzimas e principalmente das leveduras,

liberam moléculas aromáticas específicas das cultivares, são os precursores aromáticos.

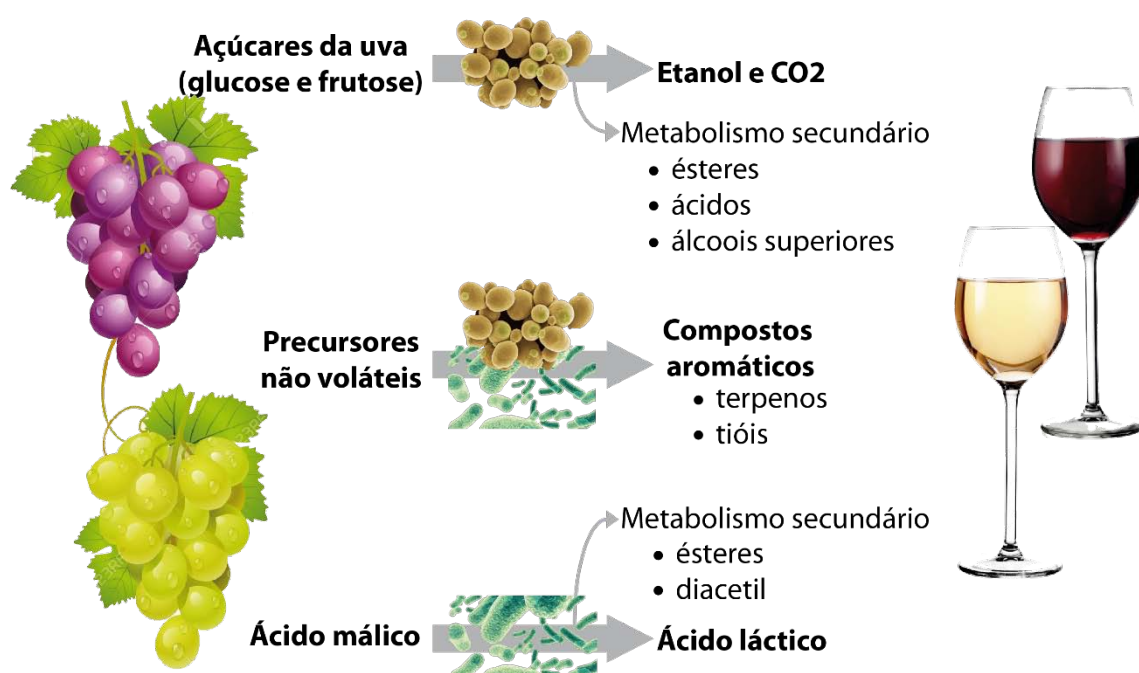


Figura 12. Infográfico da formação aromática e transformação dos precursores aromáticos durante a vinificação.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

Os aromas varietais pertencem às seguintes famílias de compostos: terpenos, derivados dos norisoprenoides, metoxipirazinas e tióis enxofrados. Um breve descritivo desses principais grupos responsáveis pelos aromas em vinhos, está a seguir.

2.8.1. Terpenos

Os aromas primários, encontrados principalmente em vinhos jovens, compreendem uma parte de aromas primários não específicos, que se desenvolvem principalmente durante a fermentação alcoólica em determinadas condições tecnológicas, como álcoois, aldeídos e ésteres. Outra parte dos aromas primários, são os aromas primários varietais, que são os que provêm da uva, localizados principalmente na casca e que são passados ao vinho e acabam caracterizando algumas cultivares (TOGORES, 2011).

Tabela 2. Terpenos e sua localização na uva.

Localização na uva	
Terpenos	Encontram-se entre a parte interior da pele e a polpa (linalol) ou majoritariamente na pele (geraniol, nerol)
Terpeno-glicosídeos	Majoritariamente na pele
Carotenos	Exclusivamente nas partes sólidas da uva, principalmente na casca. Não existem em mostos sem macerar
Ácidos graxos	60 a 75% na casca e 25 a 40% na polpa
Ésteres fenólicos	Majoritariamente na casca

Fonte: Togores, 2011

Os principais terpenos dos vinhos tintos estão representados na Figura 13.

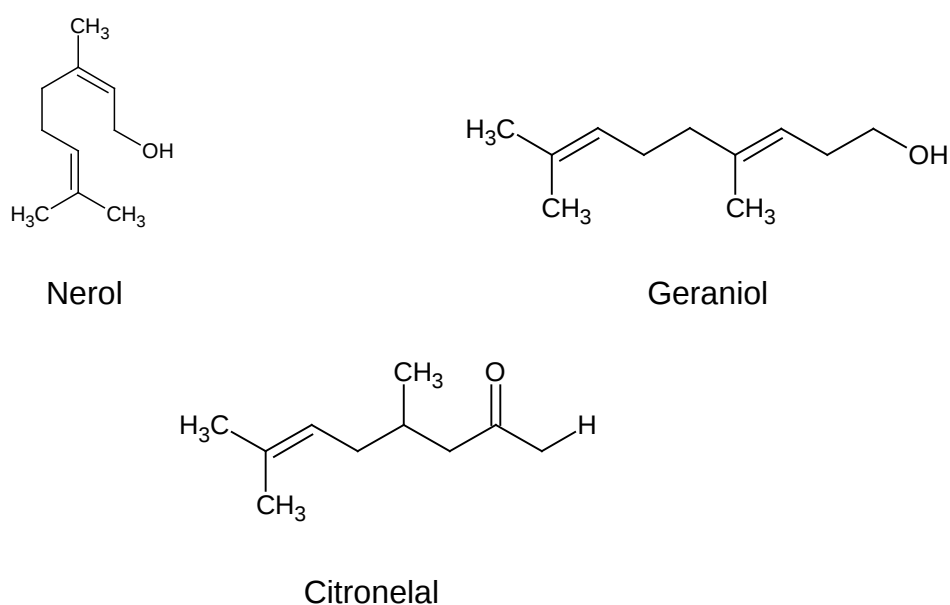


Figura 13. Apresentação das principais moléculas de terpenos presentes em vinhos tintos.

Fonte: Flanzy, 2004.

Entre os aromas varietais que provêm da uva, os terpenos são os principais que dão características às cultivares moscatéis. Os terpenos intervêm fortemente na tipicidade dos moscatéis e de cepas aromáticas. Os aromas que mais influenciam nessas características são o geraniol (gerânio), o nerol (rosa) e o citronelal (cítrico), pois são os mais aromáticos (TOGOIRES, 2011).

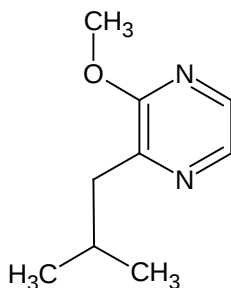
Tabela 3. Cultivares de uvas e suas características aromáticas quanto à quantidade de terpenos.

	Cultivares	Característica aromática
Cultivares muito aromáticas	Moscatel de Alexandria	São muito ricas em terpenos, com uma relação geraniol/nerol de 2,5 a 5,0 respectivamente. São localizados no solo, casca da uva e também na polpa.
	Malvasía	
Cultivares muito aromáticas não Moscatéis	Alvarinho	Apresentam valores altos de terpenos, mas menores de 5 a 20 vezes que as anteriores.
	Gewurtztraminer	
	Louveiro	
	Riesling	
Cultivares aromáticas	Sylvaner	Valores de terpenos oscilam de 1 a 30 mg/L, fundamentalmente o α -terpineol, quantidades pequenas de outros terpenos e de outras substâncias que caracterizam as variedades
	Cabernet Franc	
	Chardonnay	
	Malbec	
	Merlot	
	Syrah	
	Tempranillo	
Cultivares não aromáticas	Pinot Noir	Possuem uma quantidade muito pequena de terpenos
	Verdejo	
	Chenin Blanc	
	Garnacha	
	Monastrell	
	Palomino	

Fonte: Togores, 2011.

2.8.2. Metoxipirazinas

Provêm do catabolismo de aminoácidos e estão essencialmente ligadas ao aroma típico de Cabernet Sauvignon e as cepas da mesma família que possuem uma forte característica herbácea. O isobutil–metoxi-pirazina foi identificado na Cabernet Sauvignon em 1975. O aroma mais abundante é a 2-metoxi-3 -isobutil-pirazina, com odor de pimentão verde.



2 metoxi 3 isobutil-pirazina

Figura 14: Metoxipirazina característica do aroma de pimentão verde da família das Cabernet.

Fonte: Ribereou-Gayon, 2003.

Os precursores aromáticos aumentam no decorrer da maturação sendo o seu acúmulo influenciado por fatores ambientais, o que faz com que exista uma variação grande de concentração desse composto numa mesma cepa. Estudo realizado em parreirais submetidos a diferentes temperaturas indicou que as bagas provenientes do lado mais frio apresentaram aumento mais lento no teor de terpenos voláteis, porém a concentração na colheita foi maior, o que refletiu na elaboração de vinhos com maior nota aromática (PIÑEIRO et al., 2005). Alguns compostos como metoxipirazinas podem atingir níveis indesejavelmente elevados em regiões frias, principalmente sob condições de sombreamento (JACKSON; LOMBARD, 1993).

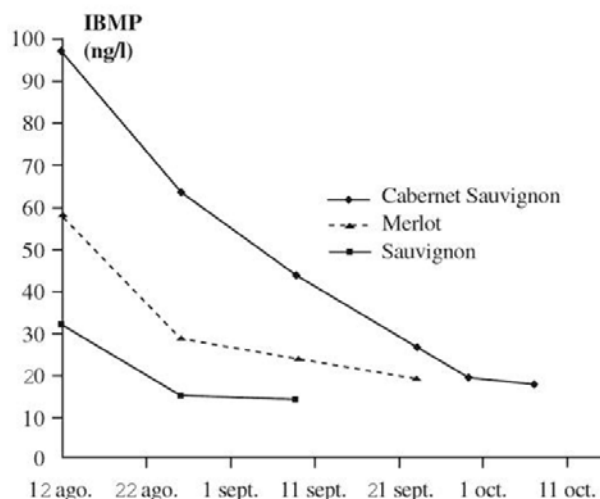


Figura 15. Evolução da concentração em isobutil-metoxi-pirazina (IBMP) de três cultivares durante a maturação de 1997 de um mesmo vinhedo na região de Bordeaux.

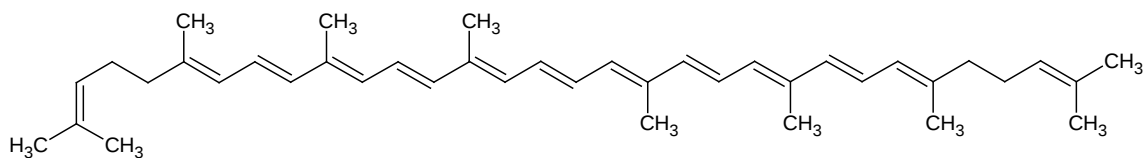
Fonte: Blouin e Guimberteau (2012).

2.8.3. Norisoprenóides

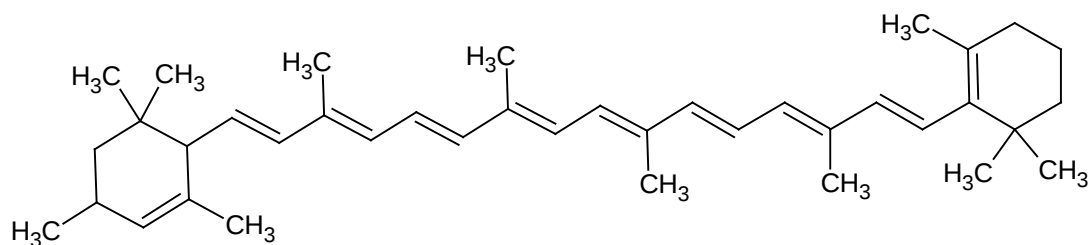
Segundo Mendes-Pinto (2009), os carotenóides passam por reações químicas e enzimáticas que geram compostos variados com propriedades aromáticas, como os norisoprenóides. A maneira como a degradação ocorre ainda não foi descrita, mas dois mecanismos são propostos: um enzimático, com uma única etapa, e outro não-enzimático, com inúmeras etapas de degradação dos carotenóides, com influência da incidência de luz, temperatura e oxigênio. De acordo com Robinson et al (2014, apud WINTERHALTER e ROUSSEF 2002) os norisoprenóides se diferenciam pela posição do grupo funcional do oxigênio, que pode estar ausente, ligado ao carbono 7 ou ao carbono 9. O perfil de norisoprenóides da uva é influenciado pelas técnicas de viticulturas adotadas e, por sua vez, atuam na formação do aroma do vinho. Todo o processo deve ser considerado como um todo e não por partes, ou seja, a temperatura e a incidência de luz combinadas (MENDES-PINTO, 2009).

Também de acordo com Mendes-Pinto (2009), durante a fermentação, devido à hidrólise ácida ou enzimática, acontece uma concentração de norisoprenóides ativos no vinho. Apesar de haver poucos estudos disponíveis, é observado que o contato com oxigênio e temperaturas mais elevadas estimulam a formação dos

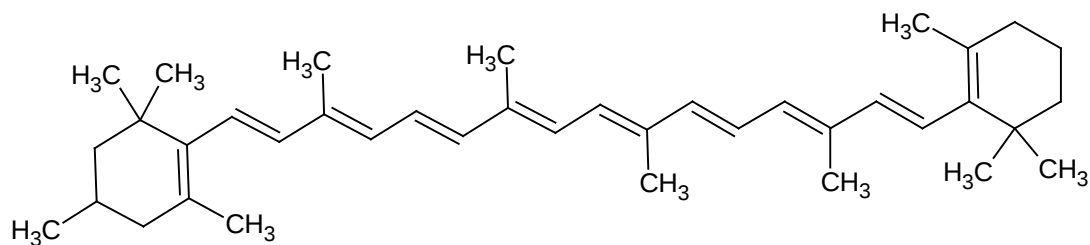
norisoprenóides, visto que o envelhecimento do vinho e maneiras de armazenamento impactam nos aromas do vinho.



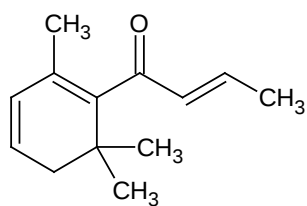
Licopeno



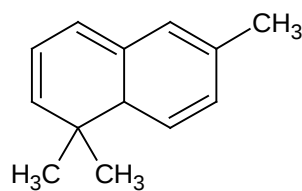
α -caroteno



β-caroteno



β-damascenona



DN (1,1,6 trimeteryl- 1,2 – dihidronaftaleno)

Figura 16: Os principais Carotenóides presentes no vinho tinto.

Fonte: RIBEREOU-GAYON, 2003.

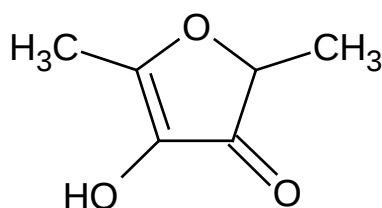
2.8.4. Tióis

De acordo com Robinson (2014, apud DUBOUDIEU and TOMINAGA, 2009), existem vários tióis que trazem aromas herbáceos, frutados, minerais, tostados aos vinhos. O sulfeto de hidrogênio pode ser gerado pela *S. cerevisiae* através da degradação do enxofre contido nos aminoácidos, variando com tipo de levedura e quantidade de nitrogênio presente no meio; que diminui a produção do sulfeto de hidrogênio.

Os nutrientes usados para hidratar a levedura que será usada para a fermentação do mosto têm impacto na formação de compostos voláteis como H_2S , de forma que o controle desta etapa influencia na qualidade dos aromas do vinho (ROBISON et al., 2014).

O dissulfureto de dimetilo (DMS) pode intensificar os aromas de frutas vermelhas nos vinhos tintos por causa de sua interação com outros compostos voláteis e, especificamente na Syrah, aumenta os aromas de azeitona preta, trufas e grama (ROBISON et al., 2014)

Segundo Robinson et al., (2014), os compostos sulfurosos voláteis influenciam significativamente nos aromas, devido ao seu grande poder aromático e à sua variedade: compostos como 2-metil-3-furantiol, formados na queima do carvalho podem contribuir na obtenção de aromas de café e tostado.



Furaneal

Figura 17: Furaneal, o principal tiol presente no vinho tinto.

Fonte: Ribereou-Gayon, 2003.

2.9. Análise sensorial de vinhos

Degustar um vinho é submetê-lo aos sentidos e tentar conhecê-lo determinando suas características organolépticas. Na análise sensorial o indivíduo avalia características sensoriais de um produto, alimento ou bebida e as expressa considerando sua opinião quanto à interpretação dos estímulos recebidos através

dos seus órgãos do sentido, que irão gerar as interpretações e descrições das propriedades intrínsecas aos produtos.

Na enologia, cada vez mais vem sendo utilizada a caracterização sensorial, seja para definir a qualidade de um tratamento tecnológico, a seleção de uma levedura (GERLAND et DUMONT, 2000) ou para evidenciar as diferenças entre os diversos tipos de *terroir* (FISCHER, ROTH e CHRISTMAN, 1999). Ademais, a análise sensorial é imprescindível para a apreciação de tipicidade e qualidade de vinho, possibilitando o desenvolvimento da atividade tecnológica abrangendo desde a produção até comercialização (CURVERLO-GARCIA, 1988).

De acordo com Dal'Osto (2012), a análise sensorial é a avaliação minuciosa do vinho a fim de detectar seus defeitos e atributos qualitativos. O teste baseia-se na apreciação por meio da visão, olfato e paladar e, a partir desses sentidos, fazem-se a descrição dos estímulos, a comparação com padrões previamente estabelecidos e o julgamento.

Conforme Souza (2014), para obtenção de vinhos de qualidade é necessário que a bebida apresente harmonia de seus componentes responsáveis pela cor, sabor, aroma e sensações tácteis. Além disso, o bom equilíbrio entre as características organolépticas e analíticas, associado à ausência de defeitos tecnológicos, é um fator decisivo para produção de bons vinhos.

A degustação pode ser feita de forma objetiva, seguindo uma metodologia rigorosa, não apenas da análise sensorial em si, mas também da forma como ela deve ser realizada e o tratamento dos resultados obtidos. Nessas análises, busca-se eliminar o fator subjetivo dos sentidos humano, realizando o procedimento de forma mecânica para evitar erros de apreciação individuais (TOGOES, 2011).

A análise sensorial é uma técnica importante para definir a qualidade dos vinhos, uma vez que os parâmetros físico-químicos adequados não são suficientes para garantir a qualidade gustativa e o equilíbrio dos vinhos, sendo que o conhecimento prévio das análises físico-químicas auxilia a análise sensorial, que serve como um complemento para as demais análises (TOGOES, 2011; RIZZON, 2010).

Embora estudos de composição possam fornecer informações sobre os compostos que contribuem para a percepção sensorial de vinhos, eles não podem substituir humanos na sua capacidade de traduzir as complexas interações de visão, cheiro e sabor que definem a experiência sensorial do consumo de vinho, produto

esse que possui alto valor agregado e que acaba influenciando a economia e a cultura regional (ROBINSON et al. 2014).

3 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. C. S. de; ALBUQUERQUE, J. A. S. de. Comportamento de dez cultivares de videira na região do submédio São Francisco. Petrolina-PE: **EMBRAPA – CPATSA**, (Documento, 12), 20p, 1982.

ALMEIDA, A. N.; BRAGAGNOLO, C.; CHAGAS, A. L. S. A Demanda por Vinho no Brasil: elasticidades no consumo das famílias e determinantes da importação. **RESR**, Piracicaba-SP, Vol. 53, Nº 03, p. 433-454, Jul/Set 2015 – Impressa em Novembro de 2015.

AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cultivar syrah, nas condições do sul de minas gerais. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 2, p. 327-331, 2005.

BAYONOVE, C., BAUMES, R., CRUZET, J., GUNATA, Z. Capítulo 5: **Aromas. En: “Enología: fundamentos científicos y tecnológicos”**. AMV Ediciones, Madrid España. 2000.

BARBEAU, G.; BOURNAND, S.; CHAMPENOIS, R.; BOUVET, M.; BLIN, A.; COSNEAU, M. Comportement de quatre cépages rouges du val de loire en fonction des variables climatiques. The behaviour of four red grapevine varieties of val de loire according to climatic variables. **Vigne et Vin Publications Internationales** (Bordeaux, France), p. 35-40, 2004.

BARDIN-CAMPAROTTO, L. Regiões climáticas e qualidade de cafés naturais do tipo arábica no Estado de São Paulo. **Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Pós-Graduação – IAC**, 93f, 2012.

BAYONOVE, C. Aromas. In: FLANZY, C (Ed.). Enologia, **Fundamentos Científicos y tecnológicos**. Madrid: Mundi-Prensa: AMV Ediciones, p. 245-30, 2000.

BELANCIC, A.; AGOSTIN, E. Aromas varietales: Influencia de ciertas prácticas vitícolas y enológicas. **Paper presented at the Tópicos de Actualización en Viticultura y Enología**, Santiago, Chile, 2002.

BLOUIN, J., GUIMBERTEAU, G. Principaux constituants de raisin et évolution au cours de la maturation. In: **Maturation et Maturité des raisins**. Bordeaux: Éditions Féret, cap.5, p.55-99. 2000.

BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. Maturacion y madurez de la uva. Madri: **Mundi-Prensa**, 156p, 2012.

BOULTON, R. The copigmentation of anthocyanins and its role in the color of red wine: A critical review. **American Journal of Enology and Viticulture**, 52, 67-87, 2001.

BRUNETON, J. **Elementos de fitoquímica y de farmacognosia**. Madrid: Ed. Acribia, 1991.

BUTKHUP, L., CHOWTIVANNAKUL, S., GAENSAKOO, R., PRATHEPHA, P., SAMAPPITO, S. Study of the Phenolic Composition of Shiraz Red Grape Cultivar (*Vitis vinífera* L.) Cultivated in North-eastern Thailand and its Antioxidant and Antimicrobial Activity. **S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 31, No. 2, 2010**

CAMARGO, A. P. Clima. In: **Cultura de café no Brasil**. Manual de recomendações. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, p. 20-35, 1974.

CAMARGO, U. A.; PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C. Wine grape cultivars adaptation and selection for tropical regions. **Acta horticulturae**. p. 121-129, 2011.

CARBONEAU, A. Théorie de la maturation et de la typicité du raisin. **Progrès Agricole et Viticole**, p. 13-14, 275-284, 2007.

CEMBALO, L., CARACCIOLO, F.; POMARICI, E. Drinking cheaply: the demand for basic wine in Italy. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 58, n. 3, p. 374-391, 2014.

CHENG, Guo.; FA, JQ.; XI, ZM.; ZHANG, ZW. Research on the quality of the wine grapes in corridor area of China. **Food Sci. Technol**, Campinas, 35(1): p. 38-44, 2015.

CINCOTTA, F.; VERZERA, A.; TRIPODI, G.; CONDURSO, C. Determination of Sesquiterpenes in Wines by HS-SPME Coupled with GC-MS. **Chromatography** 2015, 2, 410-421

CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape Berry development and fruit and wine quality. **Food**, v.1, p.1-22, 2007.

CONDURSO, C.; CINCOTTA, F.; TRIPODI, C.; SPARACIO, A.; GIGLIO, D.M.L.; SPARLA, S.; VERZERA, A. Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitis vinifera* L.). Eur. **Food Res Technol**. 2016.

COPELLO, M. Brasil, mercado em ebulição. **Revista Vinhos do Brasil**. Rio de Janeiro. p. 34- 37, 2015.

CURVELO-GARCIA, A.S. Polifenóis: a cor dos vinhos. In: **Controle de qualidade dos vinhos**. Lisboa: Instituto da Vinha e do Vinho. cap. 11, p. 311-347, 1998.

DAL'OSTO, M.; MOTTA, R. V. Emprego de baixas temperaturas na extração de compostos fenólicos durante a elaboração de vinhos Syrah. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, nº 4, p. 36-44, 2012.

DAL'OSTO, M. C.; ROMBALDI, C. V.; PURGATTO, E.; AMARAL, L.; PAZ, N.; TANNURE, L. A.; DALOSTO, M. F. Syrah wine from São Paulo's high lands - Brazil, chemical and sensorial characterization, with a nextemporaneous production cycle

in: 20th giesco, 2017, Mendoza. **Book of full manuscripts**. Mendoza, v. 1. p. 216-22, 2017.

DAVIES, C.; NICHOLSON, E.L.; BOTTCHEER, C.; BURBIDGE, C.A.; BASTIAN, S.E.P.; Harvey, K.E.; Huang, A.; Taylor, D.K.; Boss, P.K. Shiraz Wines Made from Grape Berries (*Vitis vinifera*) Delayed in Ripening by Plant Growth Regulator Treatment Have Elevated Rotundone Concentrations and “Pepper” Flavor and Aroma. **J. Agric. Food Chem.** 2015, 63, 2137–2144.

DOWNEYA, M.O. & ROCHFORD, S., 2008. Simultaneous separation by reversed-phase high-performance liquid chromatography and mass spectral identification of anthocyanins and flavonols in Shiraz grape skin. **J. Chromatogr. A** 1201, 43-47.

EMBRAPA - Empresa de Pesquisa Agropecuária – **Indicação geográfica do vinhos do Brasil** – Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/indicacoes-geograficas-de-vinhos-do-brasil>. Acesso 10 de julho de 2018.

FALCÃO, L.D.; CHAVES, E.S.; BURIN, V.M.; FALCÃO, A.P.; GRIS, E.F.; BONIN, V.; BORDIGNON-LUIZ, M.T. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigacion Agraria**, v.35, p.271-282, 2008.

FARIÑA, L.; VILLAR, V.; ARES, G.; CARRAU, F.; DELLACASSA, E.; BOIDO, E. Volatile composition and aroma profile of Uruguayan Tannat wines. **Food Research International**. v.69. p. 244 – 255, 2015.

FAVERO, A. C. Viabilidade de produção da videira ‘Syrah’ em ciclos de verão e inverno no sul de Minas Gerais. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 112p, 2007.

FAVERO, A. C.; AMORIM, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Viabilidade de produção da videira ‘Syrah’ em ciclo de outono inverno na região Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 685-690, 2008.

FAVERO, A. C.; AMORIN, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. MH.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A. Double-pruning of “Syrah” grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis, Siebeldingen**, v. 50, n. 4, p. 151-158, 2011.

FISCHER, U.; ROTH, D.; M. CHRISTMANN, M. The impact of geographic origin, vintage and wine estate on sensory properties of *Vitis vinifera* cv. Riesling wines. **Food Quality and Preference** 10, p. 281-288, 1999.

FLANZY, C. Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos. 1.ed. Madrid: Ediciones A. Madrid Vicente, **Ediciones Mundi-Prensa**, 783p, 2004.

FRAIGE, K.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, R.; CARRILHO, E.; JORRÍN_NOVO, JV. Metabolite and proteome changes during the ripening of Syrah and Cabernet Sauvignon grape varieties cultured in a nontraditional wine region in Brazil. **Journal of Proteomics**, p. 206-225, 2015.

FRANCIS, I. & NEWTON, J. Determining wine aroma from compositional data. **Aust. J. Grape Wine Res.** 11, 114-126, 2005.

GERLAND, C. et DUMONT, Ann. Analyse sensorielle descriptive libre choix (F. C. P.): utilisation pratique. **Revue Française d'écologie**, 182, p. 36-39, 2000.

GIL-MUÑOZ, R.; MORENO-PÉREZ, A.; VILA-LÓPEZ, R.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. I.; MARTÍNEZ-CUTILLAS, A.; GÓMEZ-PLAZA, E. Influence of low temperature prefermentative techniques on chromatic and phenolic characteristics of Syrah and Cabernet Sauvignon wines. **Eur Food Res Technol** (2009) 228:777–788

GLORIES, Y. La couleur des vins rouges. 2ème partie mesure, origine et interpretation. **Connaissance de la Vigne et du Vin**, v. 18, p. 253-271, 1984.

GUERRA, C. C., MANDELLI, F., TONIETTO, J., ZANUS, M.C., CAMARGO, U.A., 2009. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos**. Embrapa Uva e Vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1516-8107, 2009.

GUERRA, C. C. **Palestra Novas fronteiras na vitivinicultura brasileira – segmentos de vinhos finos, 2012**. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/cienciaetudo/files/2012/05/Palestra-vitivinicultura_brasileira_SINTEGRA.pdf>. Acesso em: 26 de dez de 2018.

GURBUS O.; ROUSEFF M. J.; ROUSEFF L. R.; Comparison of aroma volatiles in commercial Merlot and Cabernet Sauvignon wines using gas chromatography–olfactometry and gas chromatography–mass spectrometry. **Journal of agricultural and food chemistry**. Vol. 54 p. 390-396, 2006.

HIDALGO, L. Tratado de viticultura general. 2nd ed. Madrid: **Ed. Mundi-Prensa**, 1172p, 1999.

INGLEZ DE SOUSA, J. R. (Coord.). Uvas para o Brasil. 2. ed. **Piracicaba: FEALQ**, 1996. 791 p.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, V. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.

JONES, G.; DUFF, A.; HALL, A.A.; MYERS, J.W. Spatial analysis of climate in winegrape growing regions in the Western United States. **American Journal of Enology and Viticulture**. v.61, p. 313-326, 2010.

KENNEDY, J. A. Grape and Wine Phenolics: Observations and Recent Findings. **Ciencia e Investigación Agraria**, 35, p. 107-120, 2008.

LARROQUE, M., CABANIS, J. C., VIAN, L. Determination of aluminium in wines by direct graphite furnace atomic absorption spectrometry. **Journal of AOAC International**, 463-466, 1994.

LEÃO, P.C.S.; SOARES, J.M. **A viticultura no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-árido, 366p, 2000.

LEÃO, P. C. S. **Cultivo da Videira**, 2010. Disponível: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/CultivodaVideira2ed/cultivares.html> Acesso em: 25 de dez de 2018.

LEE, C. Y.; JAWORSKI, A. Phenolic Compounds in White Grapes Grown in New York. **Am J Enol Vitic.** 38: p. 277-281, 1987.

MATEUS, N.; FREITAS, V. Últimos progressos científicos sobre os pigmentos do vinho. **Revista Internet de Viticultura e Enologia**, 5p. 2006. Disponível em <<http://www.infowine.com>> Acesso em: 28 de dez de 2018.

MAYR, C.M.; GEUE, J.P.; HOLT, H.E.; PEARSON, W.P.; JEFFERY, D.W.; FRANCIS, I.L. Characterization of the Key Aroma Compounds in Shiraz Wine by Quantitation, Aroma Reconstitution, and Omission Studies. **J. Agric. Food Chem.**, v.62, p.4528–4536, 2014.

MELLO, L., M., R. Desempenho da vitivinicultura brasileira em 2015. **Embrapa Uva e Vinho**. Sistema de produção 4, ISSN 1678-8761, versão eletrônica Jul./2003, 2016.

MENDES-PINTO, M. M. Carotenoid breakdown products the—norisoprenoids—in wine aroma. **Elsevier, Wagga**, 483, p. 235-245, 2009.

MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 1127-1137, 2010.

MOTA, R. V.; FAVERO, A. C.; SILVA, C. P. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Wine grape quality of grapevines grown in the cerrado ecoregion of Brazil. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, Bordeaux, v. 45, p. 101-109, 2011.

PADILHA, C. V. S.; BIASOTO, A. C. T.; CORRÊA, L. C.; LIMA, M. S.; PEREIRA, E. P. Phenolic compounds profile and antioxidant activity of commercial tropical red wines (*Vitis vinifera* L.) from São Francisco Valley, Brazil. **J. Food Biochem**, p. 1–9, 2016.

PARR, W. V., GREEN, J. A., WHITE, K. G., SHERLOCK, R.R. The distinctive flavor of New Zealand Sauvignon blanc: Sensory characterization by wine professionals. **Food Qualit and Preference**. v. 18, p. 848-861, 2007.

PEYNAUD, E. **Conhecer e trabalhar o vinho**. Biblioteca Agrícola Litexa, 1993.

PIÑERO, Z.; NATERA, R.; CASTRO, R.; PALMA,.; PUERTAS, B.; BARROSO, C. G. Characterization of volatile fraction of monovarietal wines: influence of winemaking practices. **Analytica Chimica Acta**. Amsterdam, V. 563, p. 65-172, 2006.

PROTAS, J.F.S.; CAMARGO, U. A. **Vitivinicultura brasileira: panorama setorial de 2010** / - Brasília, DF: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN: Embrapa Uva e Vinho, 2011.

PROTAS, J.F.S.; CAMARGO, U.A; MELLO, L. M.R, **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 27, n.234, p. 7-15, set./out. 2006.

RAZUNGLES Y BAYONOVE. Les Carotenoides du raisin et leur potentialité aromatique. J. Inter. Vigne vin. **La viticulture a l'aube du III^e millenaire**. pp 85-88, 2000

REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; FAVERO, A. C.; SHIGA, T. M.; SILVA, L. H. J.; SOUZA, W. C.; NOVELLI, F. A. D.; SOUZA, C. R. Caracterização físico-química de uvas viníferas cultivadas em regime de dupla-poda no nordeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Viticultura Enologia**, Bento Gonçalves, v. 3, n. 3, p. 84-92, 2011.

RIBEREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. Phenolic Compounds. **Handbook of enology**, vol. 2. **The chemistry of wine, Stabilization and trataments**. John wiley & sons. Ltd. Chichester, p. 129-186, 1999.

RIBEREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D.; DONÈCHE, B.; LONVAUD, A. **Handbook of enology**, vol. 1. **The Microbiology of Wine and Vinifications**. Wiley, West Susser, England, 2000.

RIBÉREAU-GAYON, P. **Tratado de Enología: química del vino estabilización y tratamientos** / Pascal Ribéreau Gayon, Yves Glories y Alain Maujean. 1^a. Ed. Buenos Aires: Hemisfério Sur. V.2, 537p, 2003.

RICCE, W. S.; CARAMORI, P. H.; ROBERTO, S. R. **Potencial climático para a produção de uvas em sistema de dupla poda anual no estado do Paraná**. Bragantia (São Paulo, SP. Impresso) , v. 73, p. 318, 2013.

RIZZON, L. A.; MIELLE, R. A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 32, n.3, p. 511-515, 2002.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. vol. 18 n. 2 Campinas, May/July 1998.

RIZZON, L. A. **Metodologia para análise de vinhos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 120 p. 2010.

ROBINSON, A. L.; BOSS, A. K.; SOLOMON, P. S.; TREGOVE, R. D.; HEYMANN, H.; EBELER, S. E. Origins of grape and wine aroma. Part 1. Chemical components

and viticultural impacts. **American Society for Enology And Viticulture**. 65:1, 2014.

ROSA, A. P.; SALVADOR, M.; DANI, C. Estudo comparativo entre vinhos tintos finos da variedade Tannat proveniente de duas regiões geográficas diferentes. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, nº 3, p. 32-40, 2011.

ROSIER, J. P. Vinhos de altitude: característica e potencial na produção de vinhos finos brasileiros. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 234, p. 105-110, 2006.

RUSSO JÚNIOR, M. **Dados climáticos auxiliares para planejamento e projeto de sistemas de irrigação**. São Paulo, CESP, 13p., mapas, 1980.

SARTOR, S.; MALINOVSKI, L. I.; CALIARI, V.; SILVA, A. L.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Particularities of Syrah wines from different growing regions of Southern Brazil: grapevine phenology and bioactive compounds. **Food Sei Technol**. v.54, n.6 p. 1414-1424. 2017.

SOUZA Fº, J. M.; MANFROI, V. (Organizadores). **Vinho e saúde: vinho como alimento natural**. Bento Gonçalves: IBRAVIN, 112p, 2005.

SOUZA, M. I. L., Caracterização físico-química de vinhos de uvas viníferas e uvas americanas e avaliação do processo oxidativo por ozonização. 2014. 83 f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

TERUCHKIN, S. R. U. As estratégias empresariais para os vinhos finos no Brasil e no Uruguai: uma análise comparada. Porto Alegre: FEE (Fundação de Economia e Estatística), n. 7. **Tese (Doutorado)** - UFRGS, Escola de Administração, 2003.

TOGOIRES, J. H. Tratado de Enologia. 2ª. ed. Madrid: **Mundi-Prensa**, v. I, 2011.

TONIETTO, J. O conceito de denominação de origem: uma opção para o desenvolvimento do setor vitivinícola brasileiro. Bento Gonçalves: **EMBRAPA**. 20p, 1993.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: anposição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. **9º Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, p. 75-90, 1999.

TONIETTO, J. O conceito de denominação de origem como agente promotor da qualidade dos vinhos. In: REGINA, M. A. (Ed.). **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG – FECD, p.151-164, 2001.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 124, p. 81-97, 2004.

TONIETTO, J. 2007 Afinal, o eu é terroir? **Bom Vivant**, Flores da Cunha, v. 8, n.98, p.08. Disponível em: <www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos>. Acesso em: 8 de nov de 2018.

TORRES, A. G. Avaliação de compostos fenólicos em vinhos brasileiros Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc e Merlot. 2002. 104p. **Dissertação** (Mestrado em engenharia de alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

VAUDOUR, E. Les terroirs viticoles. Definitions, caracterisation et protection. **Annales de Géographie**. Volume 113, n° 637, p. 336, 2004.

VERDI, A. R.; OTANI, M. N. Viticulture in the State of São Paulo (Brazil): governance and technological strategies meeting market challenges. In:39 **Congresso da OIV**, Bento Gonçalves: OIV, p. 1-8, 2016.

VIDAL, S., VUCHOT, P. 2005. Conhecimento e controlo dos compostos aromáticos e fenólicos dos vinhos. **Revista Internet de Viticultura e Enologia**, v.7, p.11. Disponível em:< <http://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto2235-01-1.pdf>>. Acesso em 18 maio 2017

VIDAL, S.; WILLIAMS, P.; DOCO, T.; MOUTOUNETA, M.; PELLERINA, P. The polysaccharides of red wine: total fractionation and characterization. **Carbohydrate Polymers**. Volume 54, Issue 4, p. 439-447, 2003.

WALKER, T.; MORRIS, J.; THRELFALL, R.; MAIN, G. Analysis of Wine Components in Cynthiana and Syrah Wines. J. Agric. **Food Chem**. v.51, n.6, 2003.

WINTERHALTER, P., ROUSEFF, R. Carotenoid-derived aroma compounds: an introduction. In: Winterhalter, P., Rouseff, R., eds. Carotenoid-derived Aroma Compounds. ACS Symp. Ser. 802. Washington, DC: **American Chemical Society**, pp. 1–17, 2000.

ZAMORRA, F. Elaboración y Crianza Del Vino Tinto: Aspectos científicos y prácticos. Madrid: **Multi-Prensa**. 225p, 2003.

ZHANG, P.; HOWELL, K.; KRSTIC, M.; HERDERICH, M.; BARLOW, E. W. R.; FUENTES, S. Environmental Factors and Seasonality Affect the Concentration of Rotundone in Vitis vinifera L. cv. Shiraz Wine. **PLOS ONE**, 2015.

CAPITULO 1

Terroir: caracterização edafoclimática das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, pólos vitivinícolas emergentes do Estado de São Paulo.

Terroir: caracterização edafoclimática das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, polos vitivinícolas emergentes do Estado de São Paulo

Dal' Osto, M. C.^a

^a Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus São Roque, Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100 , CEP 18136-540, São Roque - SP, Brasil. Doutoranda na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas-RS, Brasil. E-mail: marite.dalosto@ifsp.edu.br

A busca por novos biomas propícios para o desenvolvimento vitivinícola vem sendo tema de pesquisa atualmente no Brasil. A grande diversidade territorial e climática do país, faz necessário o estudo das áreas agricultáveis e do potencial da uva cultivada. O *terroir* vitícola tradicionalmente está ligado a vinhedos de qualidade e está relacionado com uma série de fatores, entre eles, o solo caracterizado por sua origem geológica e topografia, o clima particular que resulta da orientação do vinhedo e de como o homem modifica o *terroir*, através de práticas agrícolas, escolha de variedade, porta-enxerto e sua adaptação ao meio. Desta forma é correto afirmar que a tríade que caracteriza e diferencia um *terroir* de outro, é o solo, o clima e a planta. O solo é um elemento determinante para a qualidade da uva e do vinho, sendo sua formação influenciada pelo tempo e por fatores ambientais. Para a cultura da videira, as características vitais relacionadas ao clima que devem ser levadas em consideração são a temperatura, a quantidade de água do solo (índices pluviométricos) e a luminosidade (horas de sol para a realização da fotossíntese). Por último, deve-se avaliar as condições de adaptabilidade da variedade escolhida na região, seus resultados no campo, quanto ao manejo trabalhado e a qualidade dos seus frutos para a elaboração do vinho almejado. No estado de São Paulo, novos produtores de vinhos finos possuem vinhedos de Syrah, com ótima adaptabilidade e com vinhos de excelente qualidade. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar o *terroir* de dois novos biomas, Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, contribuindo com vitivinicultura como uma forma de renda e uso do solo no estado de São Paulo.

Palavras-chave: Vinho tinto; dupla poda; qualidade; Syrah; Brasil.

Terroir: edaphoclimatic characterization of the micro regions of Indaiatuba and São Bento do Sapucaí, emerging wine poles of the State of São Paulo

Dal' Osto, M. C.^a

^a Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus São Roque, Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100 , CEP 18136-540, São Roque - SP, Brasil. Doutoranda na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas-RS, Brasil. E-mail: marite.dalosto@ifsp.edu.br

The search for new biomes conducive to wine development has been the subject of research currently in Brazil. The great territorial and climatic diversity of the country makes necessary the study of the agricultural areas and the potential of the cultivated grape. The vineyard terroir is traditionally linked to quality vineyards and is related to a few factors, including soil characterized by its geological origin and topography, the climate that results from the vineyard orientation and how man modifies the terroir, through agricultural practices, choice of variety, rootstock and their adaptation to the environment. In this way it is correct to affirm that the triad that characterizes and differentiates one terroir from another, is the soil, the climate and the plant. Soil is a determinant element for the quality of the grape and the wine, being its formation influenced by the time and by environmental factors. For grapevine, the vital climate-related characteristics to be considered are the temperature, the amount of water in the soil (rainfall indices) and the luminosity (hours of sunlight for photosynthesis). Finally, it is necessary to evaluate the adaptability conditions of the selected variety in the region, its results in the field, the management worked and the quality of its fruits for the elaboration of the desired wine. In the state of São Paulo, new producers of fine wines have Syrah vineyards, with great adaptability and excellent wines. In this sense, the objective of this work was to characterize and evaluate the terroir of two new biomes, Indaiatuba and São Bento do Sapucaí, contributing with vitiviniculture as a form of income and land use in the state of São Paulo.

Keywords: Red wine; double pruning; quality; Syrah; Brazil.

1.1. Introdução

Assim como outras espécies vegetais, a videira apresenta variações em suas características morfológicas e fisiológicas conforme o lugar onde está plantada e nenhum produto possui maior identidade regional do que o vinho (VAUDOUR, 2004; FLANZY, 2004). A busca por novos biomas propícios para o desenvolvimento vitivinícola vem sendo o principal tema de pesquisa atualmente no Brasil. A grande diversidade territorial e climática do país faz necessário o estudo das áreas agricultáveis e do potencial da uva cultivada. O Brasil é um dos países mais jovens na produção de vinhos a partir de uvas *Vitis viníferas* L. da América do Sul, e sua busca por vinhos finos de qualidade tem sido uma constante desde a década de 1990 (CAMARGO, TONIETTO, HOFFMAN, 2011; GUERRA, 2009; REGINA et al., 2011).

É sabido que o potencial de um vinho está intimamente ligado a aptidão da uva produzida e esta, por sua vez, precisa apresentar índices de maturação fenólica adequados, particularmente quando se trata de vinhos tintos. A qualidade da matéria-prima, porém, é um dos fatores de entrave à maior competitividade de nossa indústria vinícola (DAL'OSTO e MOTA, 2012). Esta qualidade está relacionada com a composição química da baga, que é dependente do metabolismo da planta, dos fenômenos ligados à natureza do solo e clima e da intervenção humana.

O *terroir* vitícola tradicionalmente está ligado a vinhedos de qualidade e está relacionado com uma série de fatores, entre eles, o solo caracterizado por sua origem geológica e topografia, o clima particular que resulta da orientação do vinhedo e de como o homem modifica o *terroir*, através de práticas agrícolas, escolha de variedade, porta-enxerto e sua adaptação ao meio (GÓMEZ-MIGUEL, 2009; BLOUIN e PEYNAUD, 2013).

Entretanto, as possibilidades de abordar a questão *terroir* globalmente é difícil e limitada principalmente pela falta de dados e de bases enológicas, socioeconômicos e culturais, o que deve ser relacionada com as diferentes regiões produtoras (georeferencing). Os parâmetros utilizados para identificar as regiões vitícolas variam de acordo com o país produtor. A União Européia, por exemplo, baseia-se nas características geográficas, cultivares de videira e práticas de manejo; já o estado do Texas (EUA) utiliza um foco estritamente geográfico, em que são avaliados o efeito da altitude e topografia, condições climáticas e características

químicas e físicas do solo na composição química das uvas (HELLMAN et al., 2011). Kamsu-foguem e Flammang (2014) conseguiram identificar duas regiões vitícolas na China com potencial para desenvolvimento de vinhos semelhantes aos da região de Bordeaux, na França, utilizando técnicas computacionais capazes de auxiliar a tomada de decisões a respeito da abertura de novas zonas vitícolas, utilizando dados de geologia, clima, tratamentos fitossanitários, manejo e irrigação, permitindo inferir sobre a viabilidade de exploração de vinhos de elevada qualidade em regiões sem tradição vitícola. A Organização Internacional da uva e do vinho (OIV), em 2010, define o conceito de *terroir* vitícola como: "uma área geográfica única e delimitada, na qual há um conhecimento coletivo das interações entre o ambiente físico e biológico e as práticas vitícolas aplicadas. Essas interações fornecem características originais e representam reconhecimento para os produtos originados neste espaço geográfico. Integra características específicas da paisagem e participa da valorização do território". Desta forma é correto afirmar que a tríade que caracteriza e diferencia um *terroir* de outro é o solo, o clima e a planta.

O solo é um elemento determinante para a qualidade da uva e do vinho, sendo sua formação influenciada pelo tempo e por fatores ambientais (clima, material de origem etc.) (FAGERIA, 1989; CURL et al., 1985). Tem atuação no crescimento e desenvolvimento da videira através de seus principais elementos: textura, acidez, nutrição, entre outros (MULLINS et al., 1992). Na vitivinicultura, a composição do solo age nas características de cor, sabor e aroma do vinho. Os principais componentes do solo são nitrogênio (N), potássio (K), magnésio (Mg), fosforo (P), cálcio (Ca), boro (B), ferro (Fe), manganês (Mn). O excesso de N no solo faz com que a planta tenha um desenvolvimento foliar maior e acúmulo de água, conseqüentemente, diluição dos compostos fenólicos; já sua deficiência causa baixa produção de açúcares diminuindo também aromas do vinho (FREGONI, 1980; HUGLIN, 1986, SCHUBERT ET AL. 1987; DELAS, 1993). Segundo Magalhães (2010), os elementos minerais encontram-se quer dissolvidos na solução do solo, quer absorvidos ou adsorvidos no complexo argilo-húmico, que constitui o complexo de troca, formado por compostos de argila e húmus, cuja carga negativa à superfície atrai os cátions, de carga positiva, representando então o poder adsorvente de um solo. Tanto o P, quanto o K, sendo este último o composto que é mais absorvido do solo pela videira, interfere diretamente na acidez do vinho. A deficiência de P aumenta a acidez, interferindo na relação álcool/acidez do vinho, provocando

desequilíbrio gustativo. Já o excesso de K faz com que haja a diminuição da acidez e aumento de pH, interferindo na fermentação alcoólica, deixando o vinho mais susceptível a contaminações bacterianas, e diminui sua qualidade sensorial geral, além de interferir na durabilidade do vinho, diminuindo sua “vida útil de prateleira” (REGINA et al, 2006; FREGONI, 1980, DELAS, 1993). Outros compostos como Ca, Mg, B, Fe e Mn, atuam direta ou indiretamente na composição aromática do vinho, seja através de ativação enzimática (Ca e Mg), ou através da produção de açúcares (B, Fe e Mn) (BOULTON, 1980; FREGONI, 1980). A textura do solo também é importante para a caracterização sensorial de um vinho. Em solos argilosos, os vinhos elaborados são ricos em extrato seco, bem coloridos (tintos), macios, de boa acidez e com conservação mais prolongada, além de produzirem vinhos mais tânicos e com um buquê mais acentuado; em solos arenosos, os vinhos elaborados são finos, porém fracos em extrato seco e albuminas, produzindo vinhos mais florais (HUGLIN, 1986).

Para a cultura da videira, as características vitais relacionadas ao clima que devem ser levadas em consideração são a temperatura, a quantidade de água do solo (índices pluviométricos) e a luminosidade (horas de sol para a realização da fotossíntese) (TOGORES, 2011). O clima afeta a fisiologia, crescimento e fenologia da videira, determinando áreas com maior ou menor potencial para sua produção (ALBUQUERQUE & ALBUQUERQUE, 1982; HIDALGO, 1999; CHENG et al., 2015). A concentração em açúcares está relacionada com a intensidade e duração da luz solar. O ácido tartárico está relacionado com a temperatura e sobretudo com a água do solo (chuvas) e a combustão do ácido málico depende da temperatura; a concentração de compostos fenólicos também tem relação direta com a incidência de luz, com a temperatura, amplitude térmica e baixas temperaturas noturnas (DOUGLAS et al., 2001; FAVERO et al., 2011; MORI et al., 2005; YAMANE et al., 2006).

Por último, deve-se avaliar as condições de adaptabilidade da variedade escolhida na região, seus resultados no campo, quanto ao manejo trabalhado e a qualidade dos seus frutos para a elaboração do vinho almejado. No estado de São Paulo, novos produtores de vinhos finos possuem vinhedos de Syrah, com ótima adaptabilidade e com vinhos de excelente qualidade (VERDI & OTANI, 2016). Segundo Favero (2007), a variedade Syrah é pouco cultivada no Rio Grande do Sul por apresentar desenvolvimento irregular e grande sensibilidade à podridão nos

cachos. No Vale do Submédio São Francisco, é a principal uva tinta para vinho cultivada na região (ORLANDO et al., 2008). Com a adoção do sistema de produção de inversão de ciclo no sudeste brasileiro, é uma das castas mais difundidas nos novos polos emergentes por ter boa adaptação e bons resultados agronômicos (DAL'OSTO, 2012b).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi caracterizar e avaliar o *terroir* de dois novos biomas, Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, incentivando assim a vitivinicultura como uma forma de renda e uso do solo no Estado de São Paulo. Trata-se de uma pesquisa descritiva, na qual se relatam as principais variáveis e suas métricas em duas microrregiões do Estado de São Paulo.

1.2. Material e métodos

Modelos de estudo: regiões, vinhedo e desenho experimental

Os experimentos foram realizados em 2 vinhedos comerciais: 1 - São Bento do Sapucaí (SBS), localizado na altitude de 1.200 metros, latitude 22°42'S e longitude 45°39'W. 2 - Indaiatuba (IND), localizado na altitude de 644,8 metros, latitude 23°09'S e longitude 47°10'W. Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima da região do vinhedo 1 (SBS) é classificado como Cwa, tropical de altitude, com índice pluviométrico anual de 1.767 mm e temperaturas médias anuais de 15,1 °C. Considerando o vinhedo 2 (IND) o clima da região é classificado como Aw, denominado clima de savanas, com índice pluviométrico anual de 1.200 mm e temperaturas médias anuais de 22,3 °C (Fonte: CIIAGRO - IAC/APTA/SAA).

Os vinhedos são da cultivar Syrah (*Vitis vinifera* L.) - clone 174 ENTAV – INRA® sobre porta-enxerto (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*)1103P – clone 768 ENTAV – INRA®, cultivados em espaldeira, com 1 metro entre plantas, 2,5 metros entre fileiras, com o primeiro arame a 0,8 metro, e o dossel vegetativo mantido em 1,75 metros. Nessas regiões, o cultivo é feito através do regime de dupla-poda (FAVERO et al. 2011), sendo que a primeira poda foi realizada em agosto (ciclo vegetativo) para a formação de brotos e a segunda poda foi feita em janeiro (ciclo reprodutivo) para a produção de uva. Durante o ciclo vegetativo, todos os cachos foram removidos no estágio em que as bagas estavam em crescimento (estádio ervilha). A segunda poda (poda de rendimento) é feita em ramos lignificados para induzir o ciclo

reprodutivo. Em ambos os ciclos, a poda foi feita em esporões de 2 gemas e foi usado indutor de brotação (Dormex®, concentração 5%) para a uniformização da brotação.

Análise do solo

As análises de solo nas duas regiões foram realizadas conforme metodologia da EMBRAPA SOLOS. O percurso foi em zig-zag (para cobrir toda a área), sendo retiradas com um trado 15 amostras simples, que foram colocadas em um recipiente com capacidade de 10L limpo. Todas as amostras individuais foram misturadas dentro de um recipiente, retirando-se uma amostra final, em torno de 500g. Foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, tendo o cuidado de limpar a superfície dos locais escolhidos, removendo folhas e outros detritos. As amostras foram colocadas em sacos plásticos com fecho, identificadas e enviadas para um laboratório credenciado ao IMETRO/MAPA.

Caracterização climática

Na caracterização climática dos vinhedos 1 e 2, foram utilizados dados de temperaturas máximas e mínimas diárias e de precipitação pluvial obtidas junto ao Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas do Instituto Agrônomo de Campinas (CIIAGRO – IAC/APTA/SAA). O balanço hídrico climatológico das regiões consideradas foi gerado utilizando a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955). Na determinação da evapotranspiração potencial, utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite (1948). Aplicaram-se, também, os índices heliotérmico (IH) e de frio noturno (IF). De acordo com Huglin (1978), o IH estima o potencial heliotérmico de uma região específica e é expresso pela equação 1:

$$IH = K * [((T_a - 10^{\circ}\text{C}) + (T - 10^{\circ}\text{C}))/2] \quad (1)$$

em que: T_{med} é a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$); $T_{máx}$ é a temperatura máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$) e k é o coeficiente comprimento do dia (no caso da latitude de São Paulo, considera-se $k=1,0$). Já, o IF, segundo Tonietto (1999), indica as condições de frio noturno para o período de maturação da uva. Neste caso, considerou-se o período de 30 dias que antecedem a colheita da uva. Usou-se a equação 2:

$$IF = Tn_{\text{mês de maturação}} \quad (2)$$

em que: $Tn_{\text{mês de maturação}}$ é a temperatura mínima noturna (°C) do mês de maturação. O cálculo dos índices IH e IF foi realizado para as regiões de Indaiatuba e de São Bento do Sapucaí por meio de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Foram utilizadas imagens raster de temperatura média do ar, obtidas a partir de equações desenvolvidas por Bardin et al. (2010) para o Estado de São Paulo, baseadas em altitude e latitude. Estas imagens foram aplicadas às equações 1 e 2 em ambiente SIG, software “ArcMap9.0” obtendo-se os valores “rasterizados” de IH e IF. O modelo digital de elevação do terreno (MDE) utilizado foi disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>), com resolução espacial de 30 m (Valeriano, 2008).

Acompanhamento da maturação

Foram amostradas 200 bagas de cada tratamento, colhidas de forma aleatória em todo o vinhedo, a partir do final do pintor (mais de 50% do cacho colorido). As bagas foram mantidas em gelo e levadas ao laboratório em caixas térmicas. As amostras foram separadas em três repetições, esmagadas manualmente para extrair o mosto que foi utilizado para as análises de sólidos solúveis (°Brix) em refratômetro digital portátil (modelo PAL 1, ATAGO) e acidez total titulável (expresso em g L⁻¹ de ácido tartárico) (BRASIL, 1986).

1.3. Resultados e Discussão

Composição física do solo

O solo de São Bento do Sapucaí, apresenta composição granulométrica, a 20cm de profundidade de: 12,1% de silte, 44,3% de argila, 26,6% de areia grossa e 17,0% de areia fina. Na profundidade de 40cm, encontram-se 12,3% de silte, 46% de argila, 25,2% de areia grossa e 16,5% de areia fina (Figura 1). Conforme o triângulo textural (LE MOS e SANTOS, 1996), o solo é classificado como argiloso, elementos como o potássio, fósforo e boro, são fortemente retidos nos colóides do solo, tornando difícil a troca iônica entre os pêlos radiculares e a solução do solo circundante, estando relacionado a produção de vinhos ricos em extrato seco, tintos

bem coloridos, macios, com boa acidez, maior capacidade de conservação, buquê mais acentuado e mais tânicos (HUGLIN, 1986; MAGALHÃES, 2010; REGINA et al. 2006;).

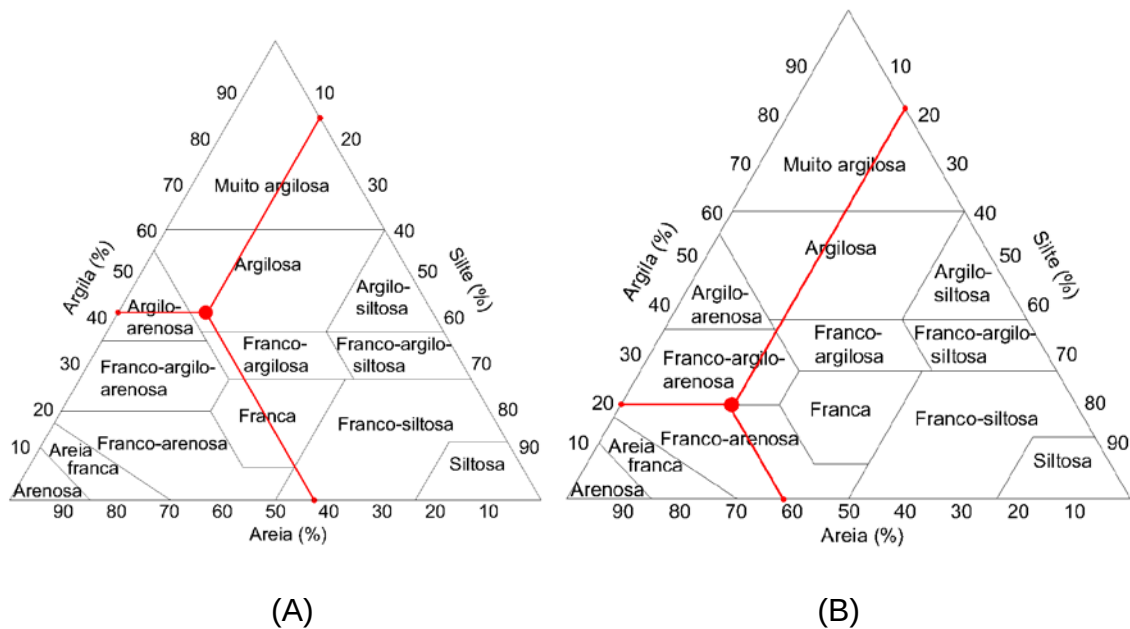


Figura 1. Triângulo Textural das regiões de São Bento do Sapucaí (solo argiloso) (A) e Indaiatuba (franco-argilo-arenoso) (B).
Fonte: Lemos e Santos, 1996.

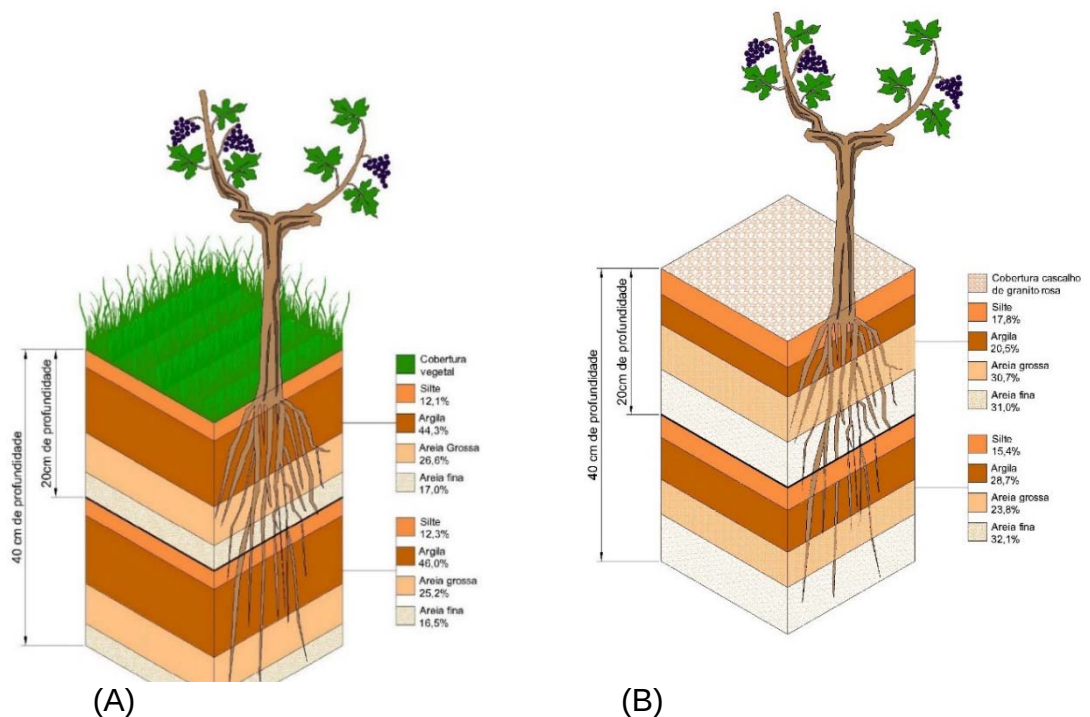


Figura 2. Composição granulométrica a 20 e 40 cm de profundidade do solo da região de São Bento do Sapucaí (A) e da região de Indaiatuba (B).
Fonte: DAL'OSTO, 2019.

No solo de Indaiatuba, observa-se composição granulométrica, na profundidade de 20cm, de 17,8% de silte, 20,5% de argila, 30,7% de areia grossa e 31,0% de areia fina. Quanto à profundidade de 40 cm, têm-se 15,4% de silte, 28,7% de argila, 23,8% de areia grossa e 32,1% de areia fina (Figura 2), solo classificado conforme Triângulo Textural (LEMOS e SANTOS, 1996) como um solo limítrofe entre franco-argilo-arenoso e franco-arenoso. Desta forma, grande parcela do solo é composta de areia, a qual não retém água e, por consequência, lixivia facilmente importantes nutrientes (N, K, Ca, Mg e B). Por isso, produz vinhos finos, porém fracos em extrato seco e albuminas (MAGALHÃES, 2010; TOGORES, 2011).

A topografia das regiões também se difere, enquanto São Bento do Sapucaí está numa região montanhosa, Indaiatuba apresenta uma topográfica mais plana.

Na tabela 1 estão apresentados os resultados da análise físico-química do solo das regiões de cultivo da uva, São Bento do Sapucaí e Indaiatuba, nos anos de 2013 e 2014.

Tabela 1. Análises de solo das regiões de cultivo da uva, São Bento do Sapucaí e Indaiatuba nas safras de 2013 e 2014

Parâmetro avaliado	São Bento do Sapucaí		Indaiatuba	
	Safra 2013	Safra 2014	Safra 2013	Safra 2014
pH	5,85	6,2	5,8	5,8
M.O (%)	3,65	3,95	0,70	1,20
P (mg/dm ³)	36	45,5	24	22
k (mmol/dm ³)	3,05	5,05	1,5	1,4
Ca (mmol/dm ³)	80,5	78	25	31
Mg (mmol/dm ³)	14,4	16	11	12
H (mmol/dm ³)	0	0	16	16
Na (mmol/dm ³)	0	0	0,1	0,1
H + Al (mmol/dm ³)	26	21	16	16
SB (mmol/dm ³)	98,05	99,05	37,6	44,5
CTC (mmol/dm ³)	124,05	120,05	53,6	60,5
V %	84	82,5	70	74
S (mmol/dm ³)	0	0	8	8
B (mg/dm ³)	0,41	0	0,58	0,36
Cu (mg/dm ³)	1,2	1,85	0,4	0,5
Fe (mg/dm ³)	50,5	43,5	15	16
Mn (mg/dm ³)	3,45	3,65	3,3	3
Zn (mg/dm ³)	1,25	1,9	1,5	1
K/CTC %	2,45	4,2	2,8	2,3
Ca/CTC %	64,85	65	46,6	51,2
Mg/CTC %	11,65	13,35	20,5	19,8
Na/CTC %	0	0	0,2	0,2
H/CTC %	0	0	29,9	26,4
Ca/Mg	5,5	5	2,3	2,6
Ca/K	26,5	15,5	16,7	22,1
Mg/K	5	3	7,3	8,6
COT (g/dm ³)	0	0	9	7
SMP	0	0	6,9	6,91

Os solos foram corrigidos em ambas as safras conforme UVIBRA, 2018.

O pH domina a dinâmica de fixação, disponibilização e condiciona a absorção de todos os elementos minerais, ao influenciar a sua maior ou menor solubilidade ou insolubilidade. A produção de vinhos ocorre em solos de pH entre 5,5 até 8, porém um pH de 6 seria o ideal (MAGALHÃES, 2010; GIOVANNINI, 2014). Conforme a Tabela 1, ambos os vinhedos apresentaram valores de pH muito próximos do ideal, minimizando os efeitos desta variável em relação a absorção dos compostos minerais.

O teor de matéria orgânica é o indicador mais utilizado quanto à disponibilidade de Nitrogênio no solo, porém não tem sido muito eficaz na predição do comportamento das plantas. Os teores de MO são muito variáveis, dependendo das condições ambientais, do uso e das práticas de manejo do solo. Desempenha papel essencial na constituição do complexo argilo-húmico e respectivas funções, por retenção e troca iônica e de aumento de água disponível (EMBRAPA, 2018; MAGALHÃES, 2010). Percebe-se nítida diferença nos teores de matéria orgânica (Tabela 1) entre os vinhedos estudados indicando uma possível necessidade de incremento de MO no vinhedo de Indaiatuba, que se encontra entre 0,7 e 1,2%. Segundo a UVIBRA (2018), valores de $MO \leq 2,5\%$ são classificados como baixos; entre (2,6 – 5%) como médios; e ($> 5\%$) como elevados. No caso da parcela em São Bento do Sapucaí verifica-se valores entre 3,65 e 3,95% de MO designando valores aceitáveis para uma produção mais equilibrada de uvas.

Ao se analisar os minerais (P, K, Ca, Mg, Cu e Fe) entre os solos das parcelas notam-se maiores valores absolutos destes no vinhedo de São Bento do Sapucaí em relação à Indaiatuba. Corroborando com as expectativas anteriormente descritas quanto a composição e textura dos mesmos.

Caracterização climática

Por estar localizado numa região tropical, no Estado de São Paulo há possibilidade de obtenção de duas safras de uva por ano. Considerando as duas possíveis safras, uma de verão e outra de inverno, nos municípios de São Bento do Sapucaí e Indaiatuba, observa-se nas figuras 3 e 4 as temperaturas médias dos ciclos para cada município. Em São Bento do Sapucaí, observa-se uma variação de temperatura média entre 16 e 20°, tanto na safra de inverno, quanto na de verão. A região nordeste do município apresenta as temperaturas médias mais baixas

comparadas as demais regiões do município. Essa variação na temperatura ocorre devido ao relevo da região. Já em Indaiatuba, por ser uma região com o relevo menos montanhoso, a temperatura média do ciclo varia entre 21 e 22°C, para ambas as safras.

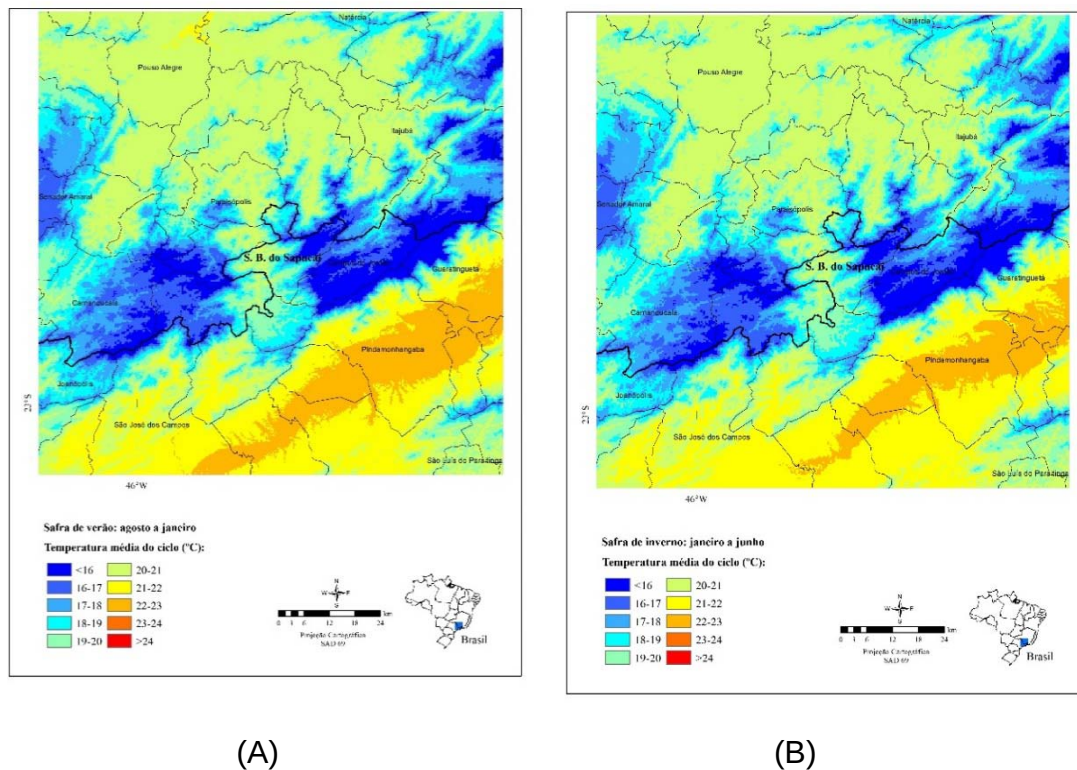


Figura 3. Temperatura média do ciclo – safra de verão (agosto a janeiro) (A) e safra de inverno (janeiro a junho) (B) da região de São Bento do Sapucaí.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

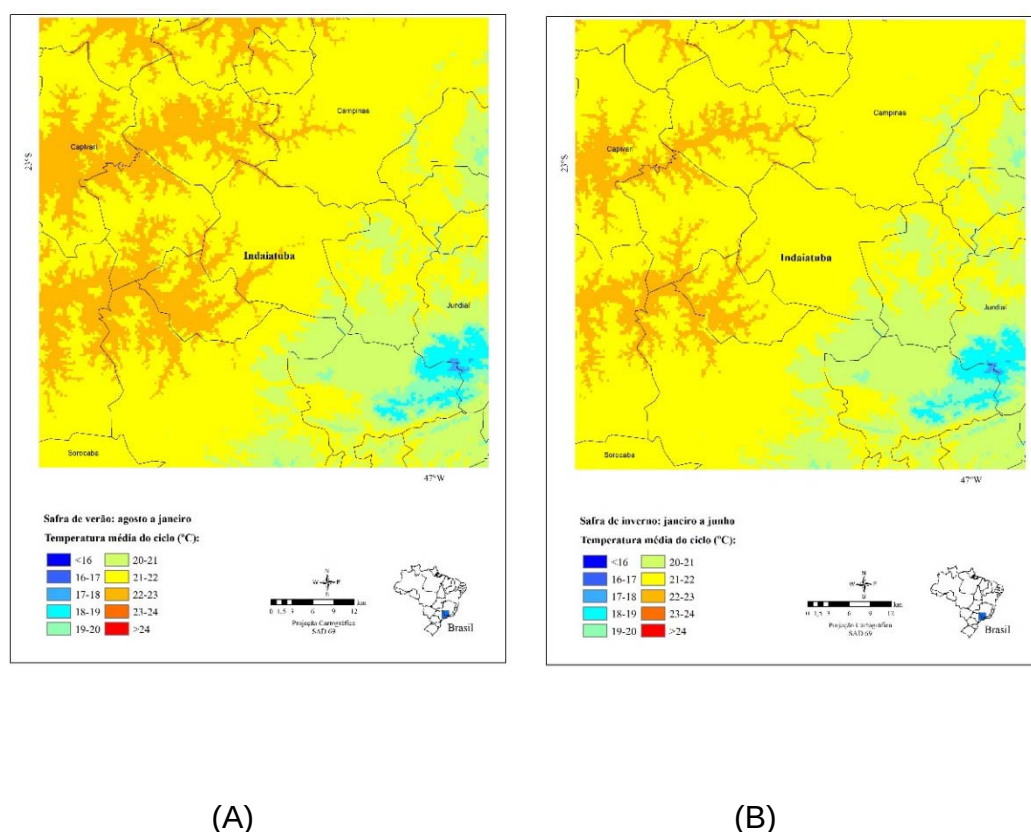


Figura 4. Temperatura média do ciclo – safra de verão (agosto a janeiro) (A) e safra de inverno (janeiro a junho) (B) da região de Indaiatuba.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

Calcularam-se também para os municípios citados acima os índices heliotérmico (IH), que informa o potencial heliotérmico ligado à maturação da uva e ao comprimento do ciclo e o índice de frio noturno (IF), que informa sobre as condições térmicas relativas ao frio noturno, indicativas para o período de maturação da uva (TONIETTO e CARBONNEAU, 2004). Foram considerados dois períodos de produção: safra de verão (agosto a janeiro) e safra de inverno (janeiro a junho).

De acordo com a classificação do IH baseada no Sistema de Classificação Climática Multicritério Geovitícola (TONIETTO e CARBONNEAU, 2004), valores de IH entre 1500 e 1800 caracterizam uma região como sendo de clima frio, como é o caso de São Bento do Sapucaí, que apresentou valores de IH igual a 1510 (safra de inverno) e 1635 (safra de verão). Já locais com valores de IH entre 2400 e 3000 são classificados como sendo de clima quente, como é o caso de Indaiatuba, para ambas as safras. Para o IF observa-se que os valores para a safra de inverno, devido à maturação ocorrer nos meses de inverno, são inferiores aos obtidos na

safras de verão. De acordo com Tonietto e Carbonneau (2004), valores de IF inferiores a 12 °C são consideradas noites muito frias, como pode ser observado (considerando a safra de inverno) para São Bento do Sapucaí. Para valores entre 12 e 14 °C, as noites são consideradas frias, condições encontradas em Indaiatuba. Já para a safra de verão, a região de São Bento do Sapucaí é considerada como sendo de noites frias (IF entre 12 e 14 °C).

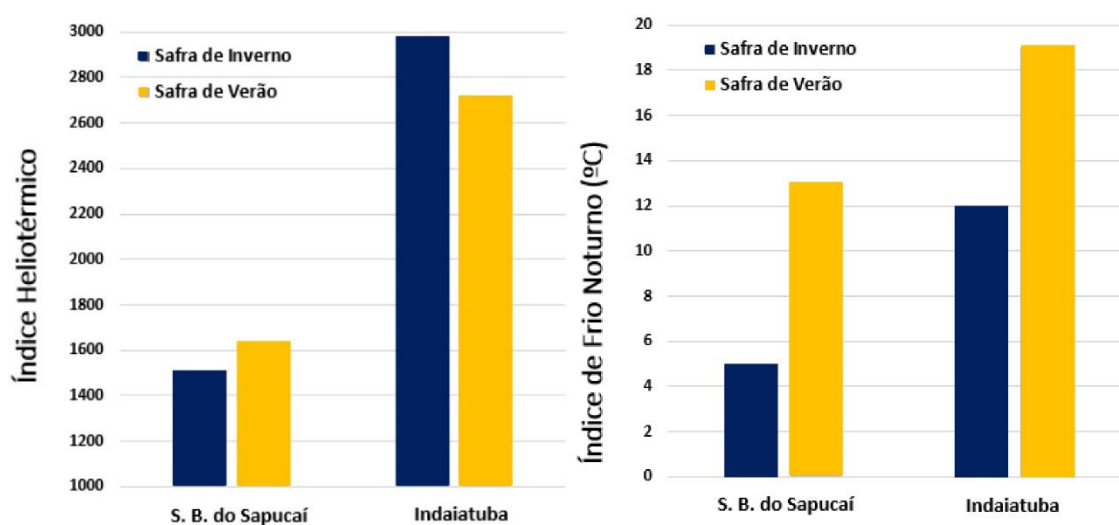


Figura 5. Índices Heliotérmico e Índice de Frio noturno nas safras de Inverno e Safra de verão para as microrregiões de São Bento do Sapucaí e Indaiatuba.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

As condições para produção de vinhos de qualidade nestas regiões limitam-se pelo volume acumulado de chuvas durante o período de maturação da uva. Observa-se nos gráficos para os anos de 2013 a 2014, que os meses com menores índices pluviométricos variaram entre junho e setembro, mas o mês de agosto foi considerado o mais seco. Já em São Bento do Sapucaí, os meses que registraram menores volumes de chuva variaram entre abril e setembro, mas o mês de agosto também foi considerado o mais seco (Figura 6).

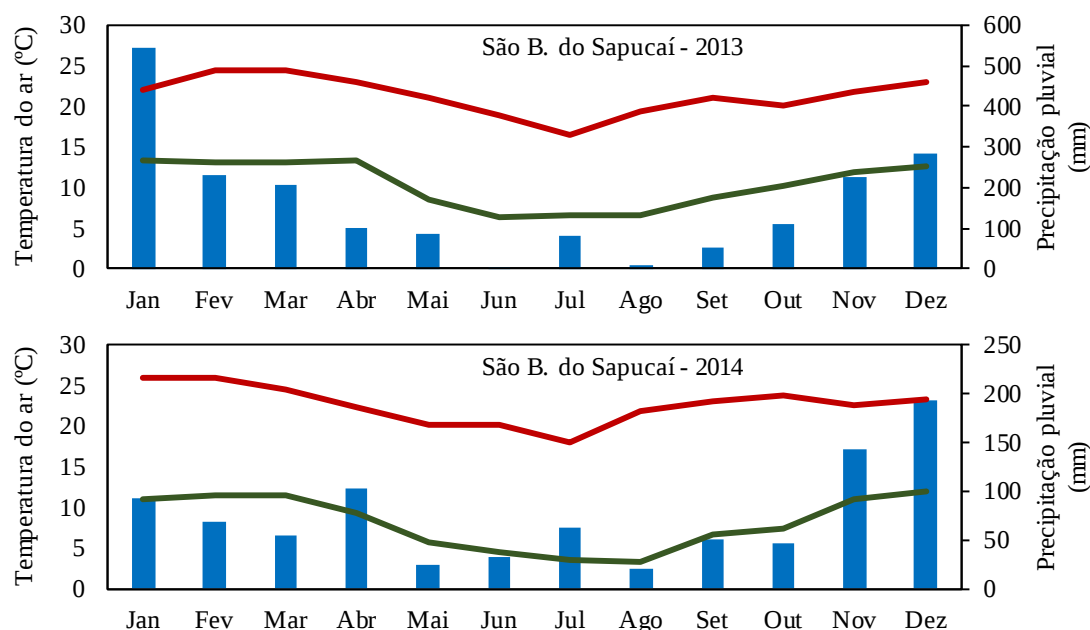


Figura 6. Temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação pluviométrica (mm) para o município de São Bento do Sapucaí, para os anos de 2013 e 2014.
Fonte: DAL'OSTO, 2019.

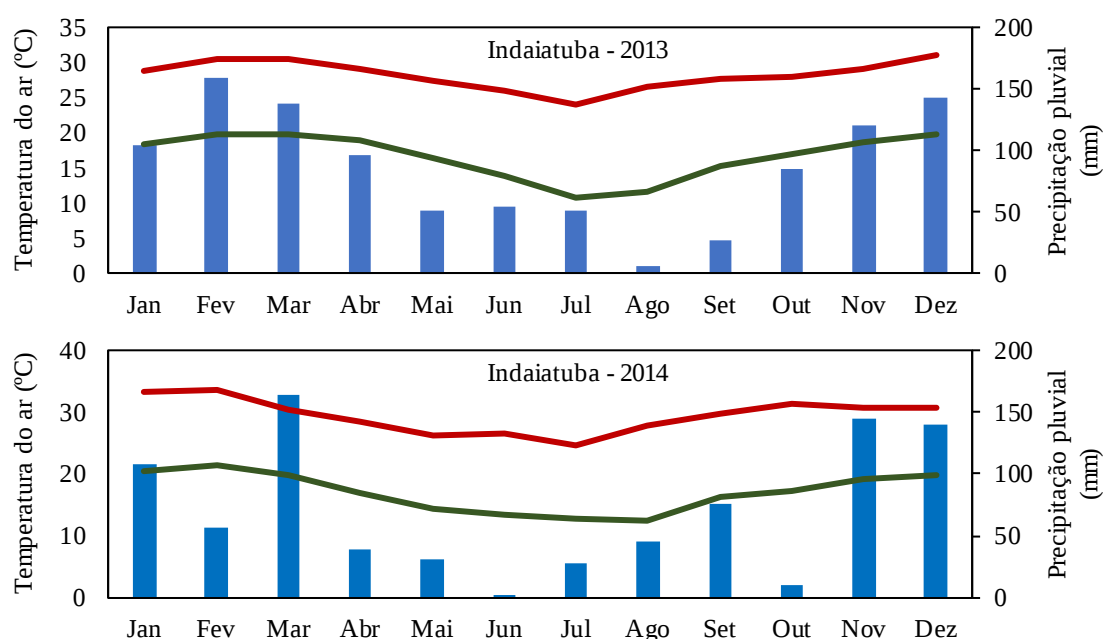


Figura 7. Temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação pluviométrica (mm) para o município de Indaiatuba, para os anos de 2013 e 2014.
Fonte: Dal'Osto, C. M., 2019.

Assim, para São Bento do Sapucaí definiu-se que a primeira poda seria realizada em 15 de janeiro, para que o ciclo fosse completado por volta de 15 de agosto, época considerada com menores índices de precipitação. Ressalta-se que, devido à

diferença nos índices pluviométricos, ao maior índice heliotérmico e de frio noturno, o ciclo de Indaiatuba foi adaptado para que a maturação se desse ao mesmo tempo que a de São Bento do Sapucaí (Figura 8). Em Indaiatuba, a poda de produção é normalmente realizada em 05 de março.

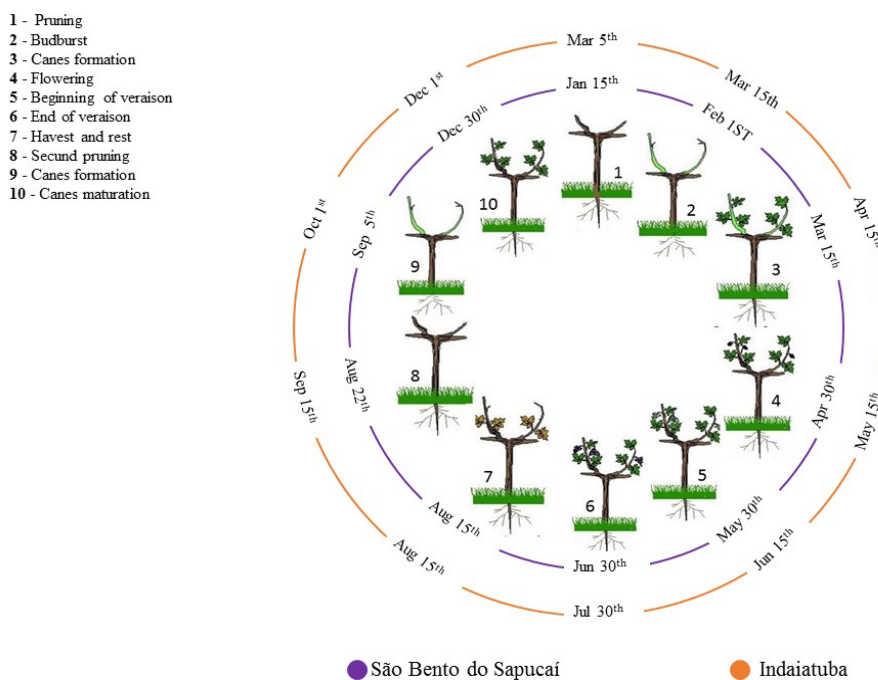


Figura 8. Infográfico do ciclo de dupla poda da videira nos anos de 2013 e 2014 em São Bento do Sapucaí e em Indaiatuba.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

Na safra de 2013, a segunda poda (poda de rendimento), foi feita na região de São Bento do Sapucaí no dia 15 de janeiro, com início do pintor no dia 10 de maio e final do pintor no dia 12 de junho (momento em que 100% do cacho pintou), tendo um período de maturação de 68 dias. Na região de Indaiatuba, a poda foi feita no dia 05 de março, o início do pintor foi no dia 05 de julho e final do pintor dia 28 de julho, tendo um período de maturação bem mais curto que da região de São Bento do Sapucaí, com apenas 22 dias. Conforme a figura 9, é possível observar que há preservação da acidez total, possivelmente devido ao baixo índice de frio noturno e a alta amplitude térmica entre o dia e a noite, mesmo com a alta concentração de sólidos solúveis totais.

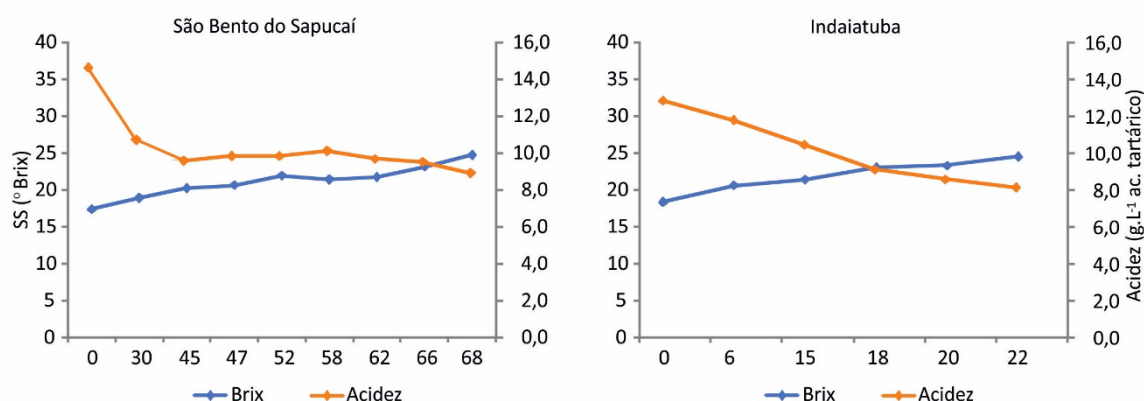


Figura 9. Relação entre SST (°Brix) e acidez titulável (g. L⁻¹ de ácido tartárico) em dias após o final do pintor e a colheita da variedade Syrah em São Bento do Sapucaí e Indaiatuba na safra de 2013.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

Na safra de 2014, as datas de poda foram mantidas – 15 de janeiro e 5 de março – para São Bento do Sapucaí e Indaiatuba respectivamente. Em São Bento do Sapucaí, o início do pintor no dia 12 de maio e final do pintor no dia 15 de junho, tendo um período de maturação de 39 dias. Na região de Indaiatuba, o início do pintor foi no dia 30 de junho e final do pintor dia 12 de julho, tendo um período de maturação de apenas 12 dias. Conforme a figura 10, é possível observar que tanto os índices de acidez total, como os de sólidos solúveis totais seguem o mesmo padrão da safra anterior. O menor período de maturação se deu devido ao ano mais quente que o anterior.

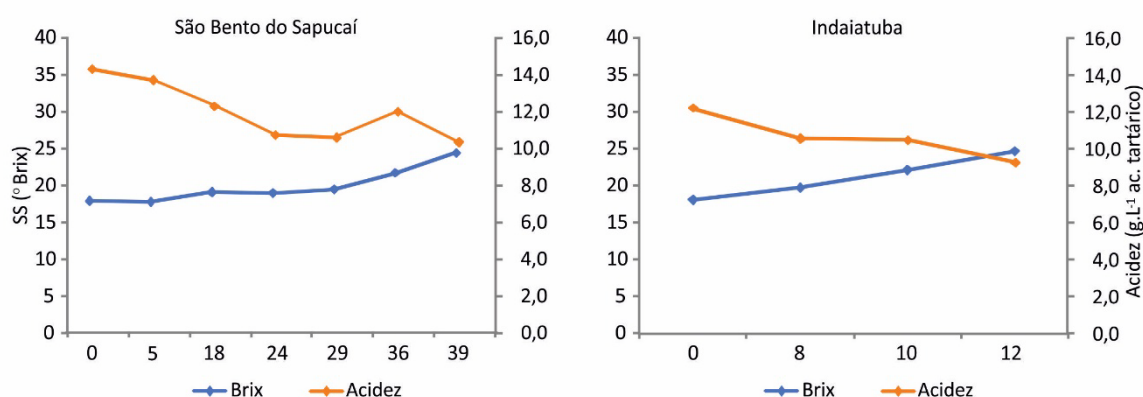


Figura 10. Relação entre SST (°Brix) e acidez titulável (g. L⁻¹ de ácido tartárico) em dias após o final do pintor e a colheita da variedade Syrah em São Bento do Sapucaí e Indaiatuba na safra de 2014.

Fonte: DAL'OSTO, 2019.

A qualidade de um vinho depende da qualidade da uva e esta, depende das influências sofridas ao longo da maturação e do processamento (COLI et al., 2015). Como demonstrado nas figuras 9 e 10, houve maturação química adequada, com concentração de açúcares suficientes para um bom potencial alcoólico, aproximadamente 14%, (STREVER, 2007) e acidez total elevada, índices que ajudam na preservação e ampliação da vida de prateleira do vinho (SIRÉN et al., 2015; GAWEL et al., 2007; DAL'OSTO e MOTA, 2012). Dados similares foram apresentados por (MOTA et al., 2010; FAVERO et al., 2011; DAL'OSTO et al., 2017). A análise química de sólidos solúveis totais e acidez total para acompanhamento da uva serve de um bom parâmetro para o desenho do vinho que se pode obter, já que a partir de 22 °Brix inicia-se a maturação fenólica e aromática (JACKSON; LOMBARD, 1993; TOGORES, 2011; BLOUIN e GUIMBERTEAU, 2012;).

Dificuldades relacionados a inversão de ciclo

Apesar das regiões onde vem se estabelecendo o manejo de dupla-poda apresentar características muito favoráveis para a elaboração de vinhos de elevada qualidade, com uma estação seca, com boa radiação solar, baixa umidade relativa, há problemas que demandam de medidas fitotécnicas; manejo diferenciado e práticas pré-fermentativas não usuais em regiões vitivinícolas tradicionais do Brasil, como a lavagem das uvas para retirada de terra.

Segundo Dias et al., (2017) uvas colhidas em janeiro (verão) estão sujeitas a elevadas temperaturas e precipitação durante o período de maturação e colheita, o que aumenta a incidência de podridões e resulta em colheita antes da completa maturação das bagas. A alteração da safra para o período de inverno coincide com a significativa redução do índice pluviométrico no período de maturação e colheita.

Dentre as principais doenças incidentes na videira em condições climáticas de elevada precipitação pluviométrica, umidade e temperatura estão a antracnose (*Elsinoe ampelina*), escoriose (*Phomopsis viticola*), mancha das folhas (*Pseudocercospora vitis*), ferrugem da videira (*Phakopsora euvitis*), míldio (*Plasmopara viticola*), podridão amarga do cacho (*Greeneria uvicola*), podridão ácida do cacho (leveduras e bactérias acéticas), podridão da uva madura (*Glomerella cingulata*), podridão cinzenta da uva (*Botrytis cinerea*). As quais tendem a diminuir consideravelmente nos períodos mais secos ocorridos durante o ciclo inverso.

Todavia, épocas com menor umidade constituem-se em ambientes favoráveis à ocorrência de Oídio (*Uncinula necator*) até então de baixíssima incidência na região e muito comum nos cultivos de uva em Jales no oeste paulista.

Outro problema durante este período, principalmente em regiões mais elevadas é a incidência de geadas que podem vir a queimar as folhas impossibilitando o final da maturação das uvas. Hoje este problema é tratado com o uso de aspersores ou aquecedores (fogueiras) entre filas para produção de fumaça e calor.

A falta de umidade no solo durante esse período, nas microrregiões de São Bento do Sapucaí e Indaiatuba, parece não afetar a maturação e não causar estresse hídrico na planta, mas são necessários maiores estudos envolvendo a demanda hídrica da cultura às novas condições edafoclimáticas.

Durante este período invernal, há escassez nas matas nativas em torno dos vinhedos, fazendo com que esses se constituam em oferta de alimento para pássaros, primatas, quirópteros e demais pragas oportunistas sendo necessário o uso de telas para proteção das uvas.

A demanda por mão de obra aumenta, já que são necessárias duas podas no ano e uma quantidade maior de pulverizações durante o ciclo vegetativo, além do uso de indutor de brotação.

1.4. Conclusão

Ao se considerar as condições experimentais e seus resultados conclui-se que os municípios de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí apresentam características distintas entre as variáveis de solo, clima e adaptação da cultivar Syrah (*Vitis vinifera* L.), mas de forma geral apresentam condições favoráveis à maturação das bagas no período de outono-inverno, conseguindo desta forma alcançar índices de maturação mais elevados do que os tradicionalmente apresentados para as regiões tradicionais do Brasil.

O uso do manejo de dupla poda nas localidades estudadas apresenta potencial para expressão de tipicidade e elevação da qualidade na produção de uvas e vinhos no Estado de São Paulo.

1.5. Referências

- ALBUQUERQUE, T. C. S. de; ALBUQUERQUE, J. A. S. de. Comportamento de dez cultivares de videira na região do submédio São Francisco. Petrolina-PE: **EMBRAPA – CPATSA**, (Documento, 12), 20p, 1982.
- BARDIN, L.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; MORAIS, J.F.L. de. Estimativa das Temperaturas máximas e mínimas do ar para a região do Circuito das Frutas SP. **revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.14, n.6, p.618-624, 2010.
- BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. Maturacion y madurez de la uva. Madri: **Mundi-Prensa**, 156p, 2012.
- BLOUIN, J.; PEYNAUD, E.; **Enología práctica. Conocimiento y elaboración del vino**. Espanha: Mundi Prensa. Esp, 4 ed., 345 p, 2014.
- BOULTON, R. The general relationship between potassium sodium and pH in grape juice and wine. Amer. **J. Enol. Vitic.** 31, 182-186, 1980.
- Brasil, Ministério da Agricultura. **Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre**. (Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1986.
- CAMARGO, U. A.; PEREIRA, G. E.; GUERRA, C. C. Wine grape cultivars adaptation and selection for tropical regions. **Acta horticulturae**. p. 121-129, 2011.
- CAMARGO, U. A., TONETTO, J., & HOFFMANN, A. (2011). Progressos na Viticultura Brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura** E, 144-149. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500017>. 2011.
- CHENG, G.; FA, J-Q.; XI, Z-M.; ZHANG, Z-W. Research on the quality of the wine grapes in corridor area of China. **Food Sci. Technol**, Campinas, 35(1): 38-44, 2015
- COLI, M. S.; RANGEL, A. G. P.; SOUZA, E. S.; OLIVEIRA, M. F.; CHIARADIA, A. C. N. Chloride concentration in red wines: influence of *terroir* and grape type. **Food Sci. Technol**, Campinas, 35(1): 95-99, Jan.-Mar. 2015.
- CURL, E.A.; Gudauskas, R.T.; Harper, J.D. & Peterson, C.M. Effects of soil insects on populations and germination of fungal propagules. In: Parker, C.A.; Rovira, A.D.; Moore, K.; Wong, P.T.W. & Kollmorgen, J.F. (Eds.) **Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens**. St. Paul. APS Press. p. 20-23, 1985.
- DAL'OSTO, M.; MOTTA, R. V. Emprego de baixas temperaturas na extração de compostos fenólicos durante a elaboração de vinhos Syrah. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, nº 4, p. 36-44, 2012.
- DAL'OSTO, M. C.; ROMBALDI, C. V.; PURGATTO, E.; AMARAL, L.; PAZ, N.; TANNURE, L. A.; DALOSTO, M. F. **Syrah wine from São Paulo's high lands - Brazil, chemical and sensorial characterization, with a nextemporaneous**

production cycle in: 20th giesco, 2017, Mendoza. book of full manuscripts. Mendoza, v. 1. p. 216-22, 2017.

DIAS, F.A.N.; MOTA, R.V.; SOUZA, C.R.; PIMENTEL, R.M.A.; SOUZA, A.L.; REGINA, M.A. Rootstock on vine performance and wine quality of 'Syrah' under double pruning management. **Sci. Agric.** v.74, n.2, p.134-141, 2017.

DOUGLAS, D.; CLIFF, M. A.; REYNOLDS, A. G.; **Grape maturation, Characterization of wines, Tropical wine Canadian terroir characterization of Riesling wines from the Niagara Peninsula.** v. 34, Issue 7, p. 559-563, 2001.

EMBRAPA -Empresa de Pesquisa Agropecuária – **Indicação geográfica do vinhos do Brasil** – Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/indicacoes-geograficas-de-vinhos-do-brasil>. Acesso 10 de julho de 2018

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, jan./abr. 1998.

FAVERO, A. C. **Viabilidade de produção da videira 'Syrah' em ciclos de verão e inverno no sul de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 112p, 2007.

FAVERO, A. C.; AMORIN, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. MH.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A. Double-pruning of "Syrah" grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis, Siebeldingen**, v. 50, n. 4, p. 151-158, 2011.

FLANZY, C. **Enologia: Fundamentos científicos y tecnológicos.** Paris: Technique et documentation, 783 p., 2000.

FREGONI, M. **Modalità di somministrazione dei concimi.** In: FREGONI, M. Nutrizione e fertilizzazione della vite. Bologna: Edagricola. Cap. 7. p. 327-340, 1980.

GAWEL, R.; FRANCIS, L.; WATERS, E. J. Statistical Correlations between the In-Mouth Textural Characteristics and the Chemical Composition of Shiraz Wines. Australian. **J. Agric. Food Chem.**, Vol. 55, No. 7, 2007.

GIOVANNINI, E. **Manual de Viticultura.** Porto Alegre: Bookman, 253p., 2014.

GUERRA, C. C., MANDELLI, F., TONIETTO, J., ZANUS, M.C., CAMARGO, U.A., 2009. **Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos.** Embrapa Uva e Vinho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1516-8107, 2009.

HELLMANN, E. W., TAKOW, E. A.; TCHAKERIAN, M. D.; COULSON, R. N. Geology and wine 13. Geographic information system characterization of four appellations in west Texas, USA. **Geoscience Can.** 38:6–2, 2011.

HIDALGO, L. Tratado de viticultura general. 2nd ed. Madrid: **Ed. Mundi-Prensa**, 1172p, 1999.

HUGLIN, P. Nouveau mode d'évaluation des possibilités hélio-thermiques d'un milieu viticole. C. R. **Acad. Agric. Fr.**, 64, 1117-1126, 1978.

HUGLIN, P. **Biologie e écologie de lavigne**. Paris: Payot Lausanne, 372p., 1986.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, V. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.

KAMSU-FOGUEM, B.; FLAMMANG, A. Knowledge description for the suitability requirements of different geographical regions for growing wine. **Land Use Policy**. V. 38, p. 719-731, 2014.

LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 84p, 1995.

MAGALHÃES, N. Tratado de viticultura – A videira, a vinha e o “terroir”. 2ª Edição. Esfera Poética. Lisboa, 2015.

MORI, K.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. **Scientia Horticulturae**, V. 105, p. 319-330, 2005.

MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 1127-1137, 2010.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. **Biology of the Grapevine**. Cambridge University Press, 1992.

ORLANDO, T.G.S.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; SANTOS, A.O.; HERNADES, J.L. Cabernet sauvignon and petite syrah on different rootstocks. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 749-755, 2008.

REGINA, A.M. ; FRAGULAS C.J; ALVARENGA A.A; AMORIN A. D.; MOTA, V.R; FAVERO C.A; Implantação manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade, **Informe agropecuário**; Belo Horizonte, v.27, n.234 , p. 16 – 31; 2006.

REGINA, M. A.; MOTA, R. V.; FAVERO, A. C.; SHIGA, T. M.; SILVA, L. H. J.; SOUZA, W. C.; NOVELLI, F. A. D.; SOUZA, C. R. Caracterização físico-química de uvas viníferas cultivadas em regime de dupla-poda no nordeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Viticultura Enologia**, Bento Gonçalves, v. 3, n. 3, p. 84-92, 2011.

SIRÉN, H.; SIRÉN, K.; SIRÉN, J. Evaluation of organic and inorganic compounds levels of red wines processed from Pinot Noir grapes. **Analytical Chemistry Research** 3 (2015) 26–36.

STREVER, A.E. **Remote sensing as a tool for viticulture research in South-Africa with specific reference to terroir studies**, p. 393-400, 2007.

THORNTHWAITE, C.W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - **Laboratory of Climatology**, 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1), 1995.

TOGOES, J. H. **Tratado de Enologia**. 2ª. ed. Madrid: Mundi-Prensa, v. I, 2011.

TONIETTO, J.; CARBONNEAU, A. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: amposição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. **9º Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia**, Bento Gonçalves, p. 75-90, 1999.

TONIETTO, J.; CARBONNEU, A. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.124 p.81–97, 2004.

UVIBRA-União Brasileira de Vitivinicultura. Produção de uvas viníferas de alta qualidade. Disponível em: http://www.uvibra.com.br/manual_producao_uvas_viniferas_alta_qualidade_2015.pdf. Acesso em 18 de abril de 2018.

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPE/818). 72p., 2008.

VAUDOUR, E. Les terroirs viticoles. Definitions, caracterisation et protection. **Annales de Geographie**. Volume 113, n° 637, p. 336, 2004.

VERDI, A. R.; OTANI, M. N. Viticulture in the State of São Paulo (Brazil): governance and technological strategies meeting market challenges. In:39 **Congresso da OIV**, Bento Gonçalves: OIV, p. 1-8, 2016.

YAMANE, T.; JEONG, S. T.; GOTO-YAMAMOTO, N.; KOSHITA, Y.; KOBAYASHI, S. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. **American Journal of Enology and Viticulture**. V. 57, p. 54-59, 2006.

CAPITULO 2

Composição fenólica dos vinhos da variedade Syrah de produção extemporânea das regiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, Estado de São Paulo

**Composição fenólica dos vinhos da variedade Syrah de produção
extemporânea das regiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, Estado de
São Paulo**

Dal' Osto, M. C^a

^a Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus São Roque, Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100 , CEP 18136-540, São Roque - SP, Brasil. Doutoranda na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas-RS, Brasil. E-mail: marite.dalosto@ifsp.edu.br

A qualidade organoléptica de um vinho está diretamente relacionada a cultivar, ao clima, solo, ao manejo usado para trabalhar o vinhedo e ao processo de elaboração, mas pouco se sabe sobre como a evolução deste vinho ocorrerá e quanto tempo o vinho terá de prateleira, se ele se adéqua para guarda. Os principais compostos ligados ao envelhecimento do vinho são os fenólicos e existem uma série de estudos demonstrando qual é a melhor forma de extração destes compostos, mas pouco se sabe sobre a estabilidade dos mesmos e principalmente, como é o comportamento deles nas novas regiões brasileiras. Neste trabalho objetivou-se avaliar a composição fenólica de vinhos Syrah de duas microrregiões do sudeste do Brasil, São Bento do Sapucaí e Indaiatuba. Os vinhos foram envelhecidos em garrafa por 20 (safra 2014) e 32 meses (safra 2013). Os vinhos apresentaram bons índices de polifenóis totais (54,6 a 63,5 mg.L⁻¹), com boa intensidade corante (3,8 a 4,7 nm) e tonalidade de 0,9 a 1,03 nm, demonstrando manter ainda vivacidade, mesmo com o tempo de garrafa. O teor de antocianinas totais foi em média de 682,82 mg.L⁻¹ para Indaiatuba e 790 mg.L⁻¹ para São Bento do Sapucaí, com diferença significativa entre regiões e entre as safras. A fração de antocianinas que se destacou foi a malvidina-3 -O-glicosídeo com concentrações até três vezes mais elevados do que o apresentado na literatura. Entre os ácidos fenólicos, o destaque foi para o ácido cafeico (28,3 a 32,3 mg.L⁻¹), em ambas as regiões e safras. Os teores de flavan-3-óis também foram elevados, principalmente para as catequinas, epicatequinas e procianidina B dímero. Os vinhos apresentaram quantidades de taninos totais de (3,2 a 3,9 mg.L⁻¹). Os resultados obtidos demonstram que os vinhos dessas microrregiões estudadas possuem teores de compostos fenólicos em quantidades elevadas, apresentando potencial para se elaborar vinhos com capacidade de evolução em ambiente redutor após engarrafamento.

Palavras-chave: Procianidinas; antocianinas; ácidos fenólicos; intensidade corante.

Phenolic composition of wines of the Syrah variety of extemporaneous production of the regions of Indaiatuba and São Bento do Sapucaí, State of São Paulo

Dal' Osto, M. C^a

^a Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Campus São Roque, Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100 , CEP 18136-540, São Roque - SP, Brasil. Doutoranda na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas-RS, Brasil. E-mail: marite.dalosto@ifsp.edu.br

The organoleptic quality of a wine is directly related to cultivation, climate, soil, the management used to work the vineyard and the process of elaboration, but little is known about how the evolution of this wine will occur and how long the wine will have to shelf, if it fits for guard. The main compounds related to the aging of wine are phenolics and there are a number of studies demonstrating the best way of extracting these compounds, but little is known about their stability and, especially, their behavior in the new Brazilian regions. The objective of this work was to evaluate the phenolic composition of Syrah wines from two micro-regions of Southeastern Brazil, São Bento do Sapucaí and Indaiatuba. The wines were aged in bottle for 20 (2014 crop) and 32 months (harvest of 2013). The wines had good total polyphenol indices (54.6 to 63.5 mg.L⁻¹), with a good coloring intensity (3.8 to 4.7 nm) and a tone of 0.9 to 1.03 nm, demonstrating keep still liveliness even with bottle time. The total anthocyanins content was 682.82 mg.L⁻¹ for Indaiatuba and 790 mg.L⁻¹ for São Bento do Sapucaí, with a significant difference between regions and between harvests. The fraction of anthocyanins that stood out was malvidin-3-O-glycoside with concentrations up to three times higher than that presented in the literature. Among the phenolic acids, the highlight was for caffeic acid (28.3 to 32.3 mg.L⁻¹), in both regions and crops. The levels of flavan-3-ols were also high, especially for the catechins, epicatechins and procyanidin B dimer. The wines had total tannin amounts of (3.2 to 3.9 mg.L⁻¹). The results show that the wines of these microregions studied have a high content of phenolic compounds, presenting the potential to elaborate wines with evolutionary capacity in a reducing environment after bottling.

Keywords: Procyanidins; anthocyanins; phenolic acids; dye intensity.

2.1. Introdução

Segundo Belmiro et al., 2017, os compostos fenólicos podem ser usados para avaliar a autenticidade química das origens geográficas do vinho, já que além do perfil polifenólico da cultivar, a composição fenólica também pode ser influenciada por estímulos ambientais, que têm papéis críticos na regulação das atividades das enzimas implicado na biossíntese de polifenóis. É sabido que o grau de maturação fenólica das uvas no momento da colheita é um dos principais fatores que afetam a qualidade do vinho tinto, suas características finais e aceitação dos consumidores (TOGORES, 2011; RIBEREAU-GAYON, GLORIES, MAUJEAN, & DUBOURDIEU, 2006; KONTOUDAKIS et al., 2011; CONDURSO et al., 2016; LI et al., 2011), pois os compostos fenólicos contribuem para as propriedades de cor, sabor e adstringência dos vinhos (BELMIRO, PEREIRA e PAIM, 2017; SHY et al., 2016; LI et al., 2011; STAVRIDOU et al., 2016), e além das características gustativas, possuem também efeito benéfico para a saúde do consumidor, por possuírem propriedades antibacterianas e antioxidantes, fazendo com que sua ingestão regular seja positiva (BORGES et al., 2013; GRIS et al., 2013), o que torna esses compostos alvos constantes de estudos. Estas moléculas são extraídas durante o processo de vinificação e são provenientes dos engaços, peles e sementes da uva, sendo divididas basicamente em flavonóis (proantocianidinas ou taninos condensados, antocianinas, flavonóis essencialmente) e não-flavonóis (ácidos fenólicos e estilbenos) (TOGORES, 2011; VIDAL e VUCHOT, 2005; JENSEN et al., 2008). As proantocianidinas são polímeros de flavanóis e suas principais funções no vinho são proteção à oxidação, estabilizar a cor do vinho e aumentam a complexidade do sabor e das sensações tácteis do vinho (JENSEN et al., 2008; VIDAL et al., 2004; KONTOUDAKIS et al., 2011; VIDAL e VUCHOT, 2005; RUSTIONI et al., 2018). As antocianinas, que contribuem para a cor, são sintetizadas na pele da baga após a transformação da via biossintética do fenilpropanóide, fazendo com que as antocianinas encontradas nos vinhos variem sua pigmentação, dependendo do composto de origem, e sua variação é relacionada com variedade de uva, principalmente (BARBAGALLO, GUIDONI e HUNTER, 2011; CASASSA, KELLER e HARBERTSON, 2015). Os flavonóis atuam como um filtro solar natural na uva e são cofatores importantes para o realce da cor em uvas e vinho, sendo sintetizadas da mesma forma que as antocianinas (TOGORES, 2011; CASASSA, KELLER e

HARBERTSON, 2015). Flavonóis comuns em peles de uva incluem quercetina, kaempferol e miricetina, presentes como glicosídeos (KYRALEOU et al., 2016). A quantidade de compostos fenólicos nas uvas é influenciada pela cultivar, junto com os tratos culturais e pelo *terroir*, que engloba o tipo de solo, a localização geográfica e as condições climáticas (XING et al., 2015; ZANG et al. 2015; STAVRIDOU et al., 2016; RISTIC et al., 2010; VIAN et al., 2006). São metabólitos secundários com diversas estruturas químicas e funções que são produzidas durante a maturação da uva e, assim, contribuem para as características das uvas e, conseqüentemente, dos vinhos produzidos a partir deles (BELMIRO, PEREIRA e PAIM, 2017; NACZK AND SHAHIDI, 2004). A aptidão de uma região para a produção de vinhos com capacidade ou não de envelhecimento está diretamente ligada à sua composição fenólica (PÉREZ-TRUJILLO et al., 2011; ARNOUS, MAKRIS e KEFALAS, 2001). No entanto, pouco se sabe sobre a composição de vinhos envelhecidos em relação à sua composição fenólica e se continuam a possuir quantidades de antioxidantes ainda com efeito benéfico a saúde ou qual a real capacidade de guarda.

Posto isto, nas últimas décadas há uma constante busca de produtores e pesquisadores em “alcançar” a maturação fenólica, pois os consumidores exigem vinhos tintos com intensidade cromática, taninos suaves e aromas frutados, além de bom potencial antioxidante (KONTOUDAKIS et al., 2011; DAL’OSTO e MOTA, 2012; VIDAL e VUCHOT, 2005; CONDURSO et al., 2016; FRAIGE et al., 2015; ARNOUS, MAKRIS e KEFALAS, 2001). O cultivo da videira é novo no Brasil quando comparada com países tradicionais, portanto possui pouca experiência na produção de uvas *Vitis viniferas* L., tendo um amplo território com diversas possibilidades de áreas cultiváveis (FRAIGE et al., 2015; DAL’OSTO et al., 2017), fato que motivou a busca de novos polos para a produção de vinhos de qualidade (PROTAS, CAMARGO e MELLO, 2006; TONIETTO, VIANELLO e REGINA, 2006; CAMARGO, TONIETTO, HOFFMAN, 2011; REGINA et al., 2011; FRAIGE et al., 2015; SARTOR et al., 2017). O Estado de São Paulo, tradicional polo de produção de variedades *Vitis labrusca* L., vem expandindo o cultivo de *Vitis viniferas* L. devido ao manejo de dupla-poda em regiões não tradicionais com destaque para a variedade Syrah (DIAS et al., 2017; PROTAS, CAMARGO e MELLO, 2006; FRAIGE et al., 2015). Essa cultivar produz vinhos ricos em compostos fenólicos, especialmente em antocianinas, com coloração intensa (TOGOES, 2011; VIDAL e VUCHOT, 2005; WOOD et al., 2008; PARKER et al., 2007), aromas complexos, contendo notas de

especiarias, e empireumáticas, às vezes couro e mineral e floral (JACKSON, 2002; CONDURSO et al., 2016; WOOD et al., 2008; MAYR et al., 2014; ROBINSON et al., 2014; TAKASE et al., 2015; HERDERICH et al. 2013; ZANG et al. 2015). Tais vinhos, com grande estrutura e riqueza em taninos, são adequados para envelhecimento (TOGOES, 2011; MCRAE et al., 2012; LECCO e CASTILLO, 2008). As características climáticas do Estado de São Paulo pressupõem a possibilidade de se produzirem vinhos com perfis diferenciados, especialmente em antocianinas e taninos, que do ponto de vista químico e sensorial seriam as principais variáveis (CASASSA, KELLER e HARBERTSON, 2015; ZAMORA, 2003) para o potencial de envelhecimento.

Sendo assim, nesse trabalho se buscou descrever o perfil fenólico de vinhos Syrah, em duas microrregiões vitícolas: Indaiatuba (645 m de altitude, amplitude térmica média de 14 °C, com maior variabilidade entre anos) e São Bento do Sapucaí (1200 m de altitude, amplitude térmica média de 11 °C, e maior regularidade entre os anos). Dadas as razões expostas anteriormente acerca dos efeitos das condições edafoclimáticas sobre o perfil fenólico, é esperado que tais diferenças entre as duas microrregiões tenham impacto sobre a composição de compostos fenólicos. Dados da literatura indicam que taninos e antocianinas sofrem maior interferência devido ao clima, sendo que as temperaturas mais altas são as mais favoráveis. Não se tem muitos dados com relação a faixa de temperatura que seria melhor para a composição tânica em vinhos, mas para as antocianinas, há demonstrado que locais com temperaturas diurnas constantes (em torno de 17 a 26 °C) e com noites frias são os mais favoráveis para a composição fenólica total, desta forma, supõe-se que a região de São Bento do Sapucaí deverá apresentar concentrações mais elevadas desses compostos.

2.2. Material e métodos

Elaboração do vinho

As uvas foram vinificadas pelo método tradicional de elaboração de vinhos tintos (PEYNAUD, 1997), em tanques de aço inox de 300 litros de capacidade com cinta de refrigeração e sistema de controle de temperatura automatizado. Em ambos tratamentos, as uvas foram desengaçadas, adicionando SO₂ na concentração de

80mg.L⁻¹, leveduras MAURIVIN AWRI 1503 (*Saccharomyces cerevisiae*) 20 g.hL⁻¹ e enzima pectolítica (ROHAVIN MXT) 3 g.hL⁻¹, mantendo a fermentação à temperatura entre 25° e 28°C por 8 dias. Durante esse período, foram feitas três remontagens e três pigeages por dia. O vinho foi descubado (separação da parte sólida), passou por fermentação malolática de forma espontânea, trasfega (limpeza do vinho), estabilização (precipitação dos sais de ácido tartárico pelo frio) e envase. As avaliações foram realizadas 32 meses após a vinificação da safra 2013 e 20 meses após a vinificação da safra 2014.

Por ocasião da colheita, a uva Syrah da safra 2013 apresentava 24,8 ° Brix e acidez 9 g.L⁻¹ de ácido tartárico em São Bento do Sapucaí e 24,6 ° Brix e 8,17 g.L⁻¹ de ácido tartárico em Indaiatuba. Na safra 2014, 24,4 ° Brix e 10 g.L⁻¹ de ácido tartárico em São Bento do Sapucaí e 24,5 ° Brix e 9,22 g.L⁻¹ de ácido tartárico em Indaiatuba.

Análises físico-químicas gerais

O vinho engarrafado foi avaliado quanto ao teor alcoólico pela determinação da densidade do destilado (destilador Super DEE Gibertini) por picnometria e estimativa do teor alcoólico com base em tabelas de conversão (O.I.V., 2003), acidez total titulável, utilizando azul de bromotimol como indicador, acidez volátil pelo arraste do vapor obtido em destilador Super DEE Gibertini e titulação com NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador, pH (potenciômetro digital Micronal modelo B 474), extrato seco pelo método densimétrico, calculado pela formula de Tabarié (BRASIL, 1986), anidrido sulfuroso livre pelo método de Ripper (AMERINE & OUGH, 1980), teor de açúcares pelo método de Fehling (BRASIL, 1986).

Análise de compostos fenólicos

Para análise dos compostos fenólicos (antocianinas, ácidos fenólicos e flavonoides), utilizou-se o cromatógrafo líquido de ultra-alta eficiência (UFLC, Shimadzu, Japão) acoplado a espectrômetro de massas de alta resolução (tipo quadrupolo-tempo de voo) (Impact HD, Bruker Daltonics). Os compostos foram separados utilizando pré-coluna C18 (2,0 x 4 mm) e coluna Luna C18 (2,0 x 150 mm, 100 Å, 3 (Phenomenex Torrance, CA, USA). Para isso, os vinhos foram diluídos, 200 µL de vinho em 800 µL de metanol grau HPLC (Sigma-Aldrich), e filtrados em filtro de

membrana de nylon 0.45 μM . As fases móveis foram: água acidificada com 0.1% de ácido fórmico (eluente A) e acetonitrila acidificada com 0.1% de ácido fórmico (eluente B). Para separação foi utilizado gradiente de eluição de: 0–2 min, 10% B; 2–15 min, 10–75% B; 15–18 min, 90% B; 18–21 min 90% B; 21–23 min, 10% B, 23–30 min, 10% B. O fluxo foi de 0.2 mL min⁻¹ e a temperatura da coluna foi mantida a 40°C. O espectrômetro de massas foi operado nos modos ESI negativo (ácidos fenólicos e flavonoides) e positivo (antocianinas) com espectros adquiridos ao longo de uma faixa de massa de m/z 50 a 1200, com voltagem capilar em 3.5 kV, pressão do gás de nebulização (N_2) de 2 bar, gás de secagem em 8 L min⁻¹, temperatura da fonte de 180°C, colisão de RF de 150 Vpp; transfer 70 mS e armazenamento pré-pulso de 5 mS. O equipamento foi calibrado com formiato de sódio 10mM, cobrindo a faixa de aquisição de m/z 50 até 1200. Experimentos automáticos de MS/MS foram realizados ajustando os valores de energia de colisão como segue: m/z 100, 15 eV; m/z 500, 35 eV; m/z 1000, 50 eV, usando nitrogênio como gás de colisão. Os dados de MS e MS/MS foram processados por meio do software Data analysis 4.0 (BRUKERDALTONICS, BREMEN, ALEMANHA). Os ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas foram caracterizados pelo espectro de UV/Vis (210–800 nm) e massa exata, padrões de fragmentação MS^n em comparação com os dados da biblioteca do equipamento, bases de dados (padões, Metlin, MassBank, KeggCompound, ChemSpider) e em comparação com padrão isotópico. A quantificação dos ácidos fenólicos e flavonoides foi realizada através de curva de calibração externa com padrões de cada composto e os resultados foram expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$. O teor de antocianinas foi quantificado em relação à curva de calibração externa de pelargoinidina e os resultados foram expressos em $\mu\text{g mL}^{-1}$ e padrão interno (reserpina).

Desenho experimental e análise estatística

As vinificações e as análises foram feitas em triplicatas. Os valores médios e os desvios padrão foram determinados com o software XLSTAT. Os resultados foram submetidos à análise estatística de variância (Anova) e, no caso de diferença significativa, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o software Statistica 6.

2.3. Resultados e discussão

A composição físico-química básica dos vinhos da uva Syrah produzidas em Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, safras 2013 (32 meses após o envase) e safras 2014 (20 meses após o envase) (Tabela 1) caracterizam-se como vinhos secos (menos de 4 g/L^{-1} de açúcar residual), relativamente elevado teor alcoólico (12,8 a 14,0 %), boa acidez total (4,2 a $5,6 \text{ g.L}^{-1}$ de ácido tartárico) e pH (3,59 a 3,88), elevados teores de glicerol (11,3 a $13,5 \text{ g.L}^{-1}$) e extrato seco, com baixa acidez volátil (0,5 a $0,6 \text{ g.L}^{-1}$ de ácido tartárico). Esses dados, no conjunto, trazem duas informações importantes para esse experimento: 1) o processo de vinificação foi bem conduzido, considerando o elevado teor alcoólico, teor de glicerol e baixa acidez volátil; e, 2) tratam-se de vinhos que apontam para boa estrutura de base, se considerado o elevado teor alcoólico e de glicerol, a boa acidez e bom extrato seco. Isso era esperado, pois tratam-se de uvas colhidas na estação seca, que permite manter a uva até estádios de maturação mais avançada, o que pressupõe maior acúmulo de açúcares e outros compostos do metabolismo secundário (POMMER e PASSOS, 2005; DANTAS, RIBEIRO e PEREIRA, 2007). Os valores detectados aqui nesse trabalho se assemelham e até superam aqueles observados nessa cultivar em regiões tradicionais de produção de vinhos dessa cultivar, como é o caso do sul da França e da Austrália, Itália, e Espanha (CONDURSO et al., 2016; JENSEN et al., 2008; RAPOSO et al., 2016; GIL-MUÑOZ et al., 2009; JOSCELYNE et al., 2007; RISTIC et al., 2010)., assim como em regiões brasileiras onde estão sendo realizadas a dupla-poda como Cordislândia e Três Corações (MOTA et al., 2010; FAVERO et al., 2011; DAL'OSTO et al., 2013), no sudeste do Brasil.

Tabela 1 – Perfil físico-químico básico dos vinhos de Syrah das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, safras 2013 (32 meses após o envase) e safras 2014 (20 meses após o envase)

Parâmetros avaliados	Médias da safra de 2013		Médias da safra de 2014	
			São Bento do Sapucaí (SBS)	
	Indaiatuba (IND)	São Bento do Sapucaí (SBS)	Indaiatuba (IND)	
Álcool (v/v)	13,50 b	14,0 a	13,20a	12,98b
Glicerol (g.L ⁻¹)	12,6 b	13,5 a	11,3 b	13,5 a
Acidez total (g.L ⁻¹)	4,2 b	5,6 a	5,3 ns	5,5
Acidez Volátil (g.L ⁻¹)* ¹	0,5 ns	0,4	0,5 ns	0,6
pH	3,76 ns	3,88	3,59 b	3,79 a
Extrato seco (g.L ⁻¹)	30,54 ns	30,74	26,02 b	28,30 a
So2 livre (mg. L ⁻¹)	14,93 ns	17,6	13,33 ns	16,0
Açúcares totais (g.L ⁻¹)	1,2 ns	1,4	1,5 ns	1,2

Letras diferentes na linha, na mesma safra, indicam médias diferentes entre si pelo teste de “t” ao nível de significância de 5% (n=3).

ns = não significativo

*¹Acidez volátil: g.L-1 de ácido tartárico

Na tabela 2, são demonstradas as análises de caracterização fenólica dos vinhos das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, safras 2013, com 32 meses após o envase e da safra de 2014, 20 meses após o envase.

Tabela 2 -Caracterização fenólica (direta e indireta) dos vinhos de Syrah das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, safras 2013 (32 meses após o envase) e safras 2014 (20 meses após o envase)

Parâmetros avaliados	Médias da safra de 2013		Médias da safra de 2014	
	Indaiatuba	São Bento do Sapucaí	Indaiatuba	São Bento do Sapucaí
IPT^{*4}	54,6 b	63,2 a	55,6 b	63,5 a
Intensidade de cor^{*2}	3,8 b	4,5 a	3,9 b	4,7 a
Tonalidade^{*3}	0,953 ns	0,983	0,900 b	1,03 a
Antocianinas totais (mg. L⁻¹)	667,35 b	784,3 a	698,3 b	796,3 a
Antocianas				
Delfinidina-3-O-glicosídeo	5,5 b	7,7 a	6,9 b	7,8 a
Delfinidina-3-O-acetilglicosídeo	3,2 b	2,6 a	2,3 ns	2,5
Malvidina-3-O-glicosídeo	315,3 b	330,2 a	319,6 ns	325,6
Malvidina-3-O-acetoglicosídeo	199,6 b	235,6 a	203,3 b	234 a
Malvidina-3-(6-cumaril)-glicosídeo	19,8 ns	19,6	18,6 ns	18,7
Peonidina-3-O-monoglicosídeo	20,13 b	24,5 a	20,89 b	26,3 a
Peonidina-3-(6-acetilglicosídeo)	39,8 ns	40,12	42,3 ns	41,25
Petunidina-3-(6-cumaril-glicosídeo)	7,5 ns	7,1	8,6 a	6,9 b
Ácidos fenólicos (mg.L⁻¹)				
Ácido cafeico	28,3 ns	29,6	32,3 ns	31,2
Ácido siringico	5,3 b	6,1 a	6,2 b	6,8 a
Ácido p-cumárico	7,3 ns	7,8	7,3 b	8,2 a
Ácido ferúlico	14,2 a	12,3 b	13,6 ns	13,5
Ácido gálico	5,3 a	4,5 b	4,8 ns	4,6
Estilbenos				
Cis-Resveratrol	0,6 ns	0,7	0,8 ns	0,8
Flavan-3-óis				
Catequina	79,8 ns	78,9	81,2 a	77,9 b
Epicatequina	75,4 ns	72,3	74,5 ns	75,6
Catequina / Epicatequina galato	6,3 ns	6,8	6,3 ns	6,9
Procianidina B dímero	82,3 ns	87,9	80,2 b	89,3 a
Procianidina T trímero	9,3 b	12,3 a	9,6 b	14,3 a
Flavonóis				
Quercetina	1,2 b	2,1 a	2,6 ns	2,9
Rutina	0,01 ns	0,02	0,05 ns	0,06
Índice de etanol (%)	9,8 ns	9,8	9,8 ns	10,9
Índice de gelatina (%)	39,6 ns	36,6	39,8 ns	36,8
Índice HCL^f (%)	23,6 b	30,2 a	23,6 b	30,6 a
Taninos totais (mg.L⁻¹)	3,2 ns	3,6	3,9 ns	3,5

Letras diferentes na linha, na mesma safra, indicam médias diferentes entre si pelo teste “t” ao nível de significância de 5% (n=3).

ns = não significativo

^{*2}Intensidade de cor (IC): A420nm + A520nm+A620nm * 10.

^{*3}Tonalidade: 420nm/A520nm.

^{*4}Índice de polifenóis totais (IPT): 280nm*50.

Ao analisar as variáveis que permitem monitorar a composição fenólica geral, em particular a coloração (pigmentos) e a adstringência (taninos), bem como a identificação dos principais compostos que contribuem para essas características, se verificou que, de modo geral, para as duas safras, os vinhos de São Bento do Sapucaí tem maior IPT, intensidade de cor e concentração de antocianinas do que os vinhos produzidos em Indaiatuba (Tabela 2). Mesmo com essa diferença, na atualidade positiva em favor dos vinhos de São Bento do Sapucaí, todos os vinhos avaliados podem ser considerados como ricos em polifenóis totais e antocianinas, e com elevada intensidade de coloração. Essa afirmativa é feita com base comparativa aos valores comumente citados na literatura para essas variáveis (GIL-MUÑOZ et al., 2009; BARRIO-GALÁN, PÉREZ-MAGARIÑO E ORTEGA-HERAS, 2011; WESSNER e KURTURAL, 2013; BARRIO-GALÁN, MEDEL-MARABOLÍ, e PEÑA-NEIRA, 2015; CONDURSO et al., 2016; RAPOSO et al., 2016). O teor total de antocianinas dos vinhos variou de 667,35 a 784,3 mg.L⁻¹, sendo que o maior teor foi de Malvidina-3-O-glicosídeo (315,3 a 330,2 mg.L⁻¹) e o menor teor foi de Delfinidina-3-O-glicosídeo (5,5 a 7,8 mg.L⁻¹), esses resultados são legitimados por Zamora (2003) o qual afirma que em vinhos envelhecidos, a antociana mais estável é a malvidina, seguida em ordem decrescente por peonidina, petunidina, cianidina e delfinidina. Em estudo realizado por Andrade et al., (2013), nas regiões de Pernambuco, e Chile (Valle del Colchagua e Central), com a variedade Syrah, foram apresentados teores de 92,1 e 74,5 mg.L⁻¹ de antocianinas totais, respectivamente, sendo esse estudo feito com vinhos jovens (de 12 a 24 meses). Esses valores são baixos quando comparados aos vinhos das regiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí, o que demonstra que, além da cultivar estar adaptada, o vinho apresenta potencial de envelhecimento, dados consistentes com a literatura que apontam que os processos de biossíntese das antocianinas, são favorecidos sob condições de boa incidência de luz e boa amplitude térmica (TOGOES, 2011; ANDRADE et al., 2013; ZOCHE et al., 2017; MCRAE et al., 2012). No Uruguai, Gonzáles-Neves et al., (2015) encontraram dados similares em relação aos teores de delfinidina e petunidina. Já, as peonidina e malvidina foram encontradas com valor 5 vezes menores aos observados nas duas regiões brasileiras. Quando comparamos os resultados entre as regiões estudadas, em ambas as safras, os vinhos da região de São Bento do Sapucaí apresentam maiores teores de antocianinas totais, e das frações delfinidina-3-O-glicosídeo, malvidina-3-O-glicosídeo, Malvidina-3-O-

acetoglicosídeo e peonidina-3-O-monoglicosídeo. Em ambas as safras, os vinhos de Indaiatuba apresentaram maiores quantidades de petunidina-3-(6-cumaril-glicosídeo). Quanto aos compostos Delfinidina-3-O-acetilglicosídeo, malvidina-3-(6-cumaril-glicosídeo) e peonidina-3-(6-acetilglicosídeo) não houve resposta consistente entre as variáveis. Foram quantificados 5 dos principais ácidos fenólicos do vinho nas microrregiões estudadas. Dentre eles, o ácido cafeico foi o que apresentou maiores concentrações (28,3 a 32,3 mg.L⁻¹) com teores elevados para o composto quando comparados com o descrito na literatura, que diz que vinhos tintos apresentam um mínimo de 0,3 e um máximo de 26 mg.L⁻¹ (FLANZY, 2004), apresentaram também alta concentração de ácido ferúlico (12,3 a 14,2 mg.L⁻¹) e média-baixa concentração dos ácidos siríngico (5,3 a 6,8 mg.L⁻¹), p-cumárico (7,3 a 8,2 mg.L⁻¹) e gálico (4,5 a 5,3 mg.L⁻¹). Granato et al., 2011, encontraram em vinhos jovens de Syrah menor quantidade de ácido cafeico e ácido ferúlico; ácido p-cumárico em concentrações semelhantes e maiores concentrações de ácido gálico. Os ácidos fenólicos são importantes antioxidantes do vinho, e apesar de ter um certo gosto ácido e amargo quando em água, interferem pouco no sabor do vinho tinto (WORARATPHOKA et al., 2007; ZAMORA, 2003; GORDILHO et al., 2014). Dentre os não-flavonóides, foi avaliado o cis-resveratrol, um estilbeno que possui ação antioxidante e é muito estudado pelos seus benefícios à saúde, sendo a uva uma das frutas mais ricas nesse composto (ZAMORA, 2003; SOUZA FILHO e MANFROI, 2005). Foram detectados teores entre 0,6 e 0,8 mg.L⁻¹ de cis-resveratrol, não tendo havido diferenças entre os vinhos das microrregiões de Indaiatuba e São Bento do Sapucaí e também não houve diferença significativa entre as safras.

Valores elevados de Flavan-3-óis foram encontrados nos vinhos estudados. Os vinhos produzidos com as uvas da região de Indaiatuba apresentaram valores menores desses compostos quando comparados com os da região de São Bento do Sapucaí, com exceção da catequina, que permaneceu mais elevada em ambas as safras (77,9 a 81,2 mg.L⁻¹). A epicatequina e a catequina/ epicatequina galato não apresentaram diferença significativa entre as regiões e nem entre as safras. Os resultados para o composto catequina foram menores que valores encontrados para a Syrah no Vale do São Francisco e praticamente o dobro encontrado em São Juan na Argentina; já os níveis de epicatequina são três vezes maiores do que os apresentados por Belmiro, Pereira e Paim (2017). Segundo Agazzia et al., 2018 um efeito de envelhecimento significativo foi observado para a concentração de

epicatequina, com uma redução média de aproximadamente 55% após o envelhecimento de cinco anos, enquanto as catequinas não reduziram significativamente.

Para as procianidinas dímero e trímero, teores entre (80,2 a 89,3 mg.L⁻¹) e de (9,3 a 14,3 mg.L⁻¹) respectivamente, foram detectados. Na safra 2013, os vinhos de São Bento do Sapucaí apresentaram teores de procianidina dímero de 87,9 mg.L⁻¹ e procianidina trímero de 12,3 mg.L⁻¹ e para os vinhos de Indaiatuba teores de 82,3 mg.L⁻¹ e 9,3 mg.L⁻¹ respectivamente. Na safra 2014, os vinhos de São Bento do Sapucaí apresentaram valores de procianidinas dímeras de 89,3 mg.L⁻¹ e 14,3 para as procianidinas trímeras, os vinhos de Indaiatuba nesta safra apresentaram teores de 80,2 mg.L⁻¹ de procianidina dímeras e 9,6 mg.L⁻¹ de procianidinas trímeras. Esses compostos são responsáveis pela estrutura e preservação da cor do vinho, assim como pelo seu potencial de envelhecimento (ZAMORA et al., 1994; LIMA et al., 2015; BELMIRO, PEREIRA e PAIM, 2017). Embora tenha havido diferença nos teores de procianidinas dímeros entre safras para os vinhos produzidos em São Bento do Sapucaí e Indaiatuba, se observa que, no caso das procianidinas trímeros, os vinhos de São Bento do Sapucaí têm maior concentração do que os vinhos de Indaiatuba. Isso é um indicador que está havendo maior complexação de taninos nos vinhos da microrregião de São Bento do Sapucaí.

Os vinhos de ambas as regiões e safras estudadas não diferem quanto aos índices de etanol e de gelatina. O índice de gelatina indica o quanto de taninos menos complexados, e, portanto, mais reativos com proteínas, podendo expressar maior adstringência, têm no vinho. Segundo Zamora (2003) valores ideais são em tono de 40 a 60%, e valores abaixo de 35% são considerados sem corpo; devido a isso pode-se dizer que os vinhos de São Bento do Sapucaí possuem mais estrutura do que os vinhos de Indaiatuba, dados que são corroborados com os índices de HCl. Os vinhos de São Bento do Sapucaí, em ambas as safras, tiveram índices de HCl em torno de 30%, enquanto os de Indaiatuba apresentaram índices de 23%. No que concerne ao teor de taninos totais, não foram detectadas diferenças significativas entre os vinhos das duas microrregiões.

2.4. Conclusão

Os vinhos Syrah produzidos com uvas produzidas nos municípios de São Bento do Sapucaí e Indaiatuba são caracterizados por serem ricos em álcool, glicerol, extrato seco, antocianinas totais, taninos e flavonóis-3-óis, além da boa acidez. Essas características conferem a esses vinhos potencial de envelhecimento. No que tange às duas microrregiões, aqui representadas pelos dois municípios, se verificou que as uvas produzidas em São Bento do Sapucaí geram vinhos que, de modo geral, com exceções, apresentam maiores valores nas variáveis citadas anteriormente, pressupondo que possuirão maior potencial de envelhecimento dos que os produzidos com uvas de Indaiatuba. Estudos de análise de compostos voláteis, mais análise sensorial, durante a evolução de vinhos dessas microrregiões, contribuirão para testar essa hipótese. Esses resultados sugerem adaptação satisfatória da cultivar *Vitis vinífera* L. Syrah ao *terroir* do Sudeste do Brasil, com o manejo da dupla-poda, e que os teores de compostos fenólicos, principalmente o grupo dos flavan-3-óis, dão condições para que os vinhos elaborados tenham capacidade para envelhecimento.

2.5. Referências

AGAZZIA, F. M.; NELSON, J.; TANABE, C. K.; DOYLE, C.; BOULTON, R. B.; BUSCENA, F. Aging of Malbec wines from Mendoza and California: Evolution of phenolic and elemental composition. **Food Chemistry**, 269, p. 103-110, 2018.

AMERINE, M.A.; OUGH, C.S. **Methods for analysis of musts and wines**. New York: Willey, p. 341, 1980.

ANDRADE, R. H. S.; NASCIMENTO, L. S.; PEREIRA, G. E.; HALLWASS, F.; PAIM, A. P. S. Anthocyanic composition of Brazilian red wines and use of HPLC-UV-Vis associated to chemometrics to distinguish wines from different regions. **Microchemical Journal**, 110, p. 256-262, 2013.

ARNOUS, A; MAKRIS, D. P.; KEFALAS, P. Effect of principal polyphenolic components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. **J Agric Food Chem.** 49(12):5736-42, 2001.

BARBAGALLO, M. G.; GUIDONI, S.; HUNTER, J. J. Berry Size and Qualitative Characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah. **South African Journal for Enology and Viticulture**, 32(1):129-136, 2011.

BARRIO-GALÁN, R. D.; PÉREZ-MGARIÑO, S.; ORTEGA-HERAS, M.. Techniques for improving or replacing ageing on lees of oak aged red wines: The effects on polysaccharides and the phenolic composition. **Food Chemistry** 127, 528–540, 2011.

BARRIO-GALÁN, R. D.; MEDEL-MARABOLÍ, M.; PEÑA-NEIRA, A. Effect of different aging techniques on the polysaccharide and phenolic composition and sensory characteristics of Syrah red wines fermented using different yeast strains. **Food Chemistry**, 179, p. 116-126, 2015.

BELMIRO, T.M.C, PEREIRA, C. F, PAIM, A.P.S. Red wines from South America: content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. **Microchemical Journal** Accepted date: 13 March 2017.

BORGES, G.S.C.; GONZAGA, L. V.; JARDINI, F. A.; FILHO-MANCINI, J.; HELLER, M.; MICKE, G.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Protective effect of *Euterpe edulis* M. on Vero cell culture and antioxidant evaluation based on phenolic composition using HPLC- ESI- MS/MS. **Food Research International**, v. 51, p. 363 -369, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura **Manual de Métodos de análises de Bebidas e Vinagres**. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 nov. Seção 1, pt.2, 1986.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J. and HOFFMANN, A.. Progressos na viticultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticaba, v.33, p. 144-149, 2011.

CASASSA, L. F.; LARSEN, R. C.; HARBERTSON, J. F. Effects of Vineyard and Winemaking Practices Impacting Berry Size on Evolution of Phenolics during Winemaking. **AJEV Papers in Press**. Published online April 7, 2016.

CONDURSO, C.; CINCOTTA, F.; TRIPODI, C.; SPARACIO, A.; GIGLIO, D.M.L.; SPARLA, S.; VERZERA, A. Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitis vinifera* L.). Eur. **Food Res Technol.** 2016.

DAL'OSTO, M.; MOTTA, R. V. Emprego de baixas temperaturas na extração de compostos fenólicos durante a elaboração de vinhos Syrah. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, nº 4, p. 36-44, 2012.

DAL'OSTO, M. C. ; REGINA, M. A. ; DIAS, F. A. N. ; MOTA, R.V. ; SOUZA, C.R. ; MIOTTO, L. C. V. . Effect of cluster thinning on wine quality of 'Syrah' vineyard submitted to double pruning management in southeast Brazil. In: 18 International Symposium Giesco, 2013, Porto. **Ciência e Técnica Vitivinícola**. Porto: Fundação para a Ciência e Tecnologia, v. 28. p. 461-465, 2013.

DAL'OSTO, M. C. ; ROMBALDI, C. V. ; PURGATTO, E. ; AMARAL, L. ; PAZ, N. ; TANNURE, L. A. ; DALOSTO, M. F. . **Syrah wine from São Paulo's high lands - Brazil, chemical and sensorial characterization, with a nextemporaneous production cycle** in: 20th giesco, 2017, Mendoza. book of full manuscripts. Mendoza, v. 1. p. 216-22, 2017.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. de S.; PEREIRA, M.S. Teor de açúcares solúveis e insolúveis em folhas de videiras, cv. syrah, em diferentes posições no ramo e épocas do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 42-47, 2007.

DIAS, F. A. N.; MOTA, R. V.; SOUZA, C. R.; PIMENTEL, R. M. A.; SOUZA, A. L.; REGINA, M. A. Rootstock on vine performance and wine quality of 'Syrah' under double pruning management. **Sci. Agric.** v.74, n.2, p.134-141, 2017.

FAVERO, A. C.; AMORIN, D. A.; MOTA, R. V.; SOARES, A. MH.; SOUZA, C. R.; REGINA, M. A. Double-pruning of "Syrah" grapevines: a management strategy to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. **Vitis, Siebeldingen**, v. 50, n. 4, p. 151-158, 2011.

FLANZY, C. Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos. 1.ed. Madrid: Ediciones A. Madrid Vicente, **Ediciones Mundi-Prensa**, 783p, 2004.

FRAIGE, K.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ. R.; CARRILHO, E.; JORRÍN_NOVO, JV. Metabolite and proteome changes during the ripening of Syrah and Cabernet Sauvignon grape varieties cultured in a nontraditional wine region in Brazil. **Journal of Proteomics**, p. 206-225, 2015.

GIL-MUÑOZ, R., MORENO-PÉREZ, A., VILA-LÓPEZ, R., FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J.I., MARTÍNEZ-CUTILLAS, A., GÓMEZ-PLAZA, E. Influence of low temperature prefermentative techniques on chromatic and phenolic characteristics of Syrah and Cabernet Sauvignon wines. **European Food Research and Technology, cidade** v.228, p.777-788, 2009.

GORDILHO, B.; CEJUDO-BASTANTE, M. J.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J.; IARA-PALACIOS, M. J.; RAMIREZ-PEREZ, P.; GONZALEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J. Impact of Adding White Pomace to Red Grapes on the Phenolic Composition and Color Stability of Syrah Wines from a Warm Climate. **Agric. Food. Chem.** v. 62. Pag. 2663-2671, 2014.

GRIS, E. F.; MATTIVI, F.; FERREIRA, E. A.; VRHOVSEK, U.; FILHO, D. W.; PEDROSA, R. C.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Phenolic profile and effect of regular consumption of Brazilian red wines on in vivo antioxidant activity. **Journal of Food Composition and Analysis** 31, 31-40, 2013.

JACKSON, R. S. Wine tasting: A professional handbook. London: **Academic Press**, 2002.

JENSEN, J. S.; DEMIRAY, S.; EGEBO, M.; MEYER, A. S. Prediction of wine color attributes from the phenolic profiles of red grapes (vitis vinifera). **Journal Agriculture Food Chemistry**, vol 56, pag 1105-1115, 2008.

JOSCELYNE, V.L.; DOWNEY, M. O.; MAZZA M.; BASTIAN S. E. P. Partial shading of Cabernet Sauvignon and Shiraz vines altered wine color and mouthfeel attributes, but increased exposure had little impact. **J. Agric. Food Chem.**, 55, 10888-1089, 2007.

KONTOUDAKIS, N.; ESTERUELAS, M.; FORT, F.; CANALS, J. M.; FREITAS, V.; ZAMORA, F. Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. **Food Chemistry** 124, 767-774, 2011.

KYRALEOU, M.; KOTSERIDIS, Y.; KOUNDOURAS, S.; CHIRA, K.; TEISSEDE, P.-L.; KALLITHRAKA, S. Effect of irrigation regime on perceived astringency and proanthocyanidin composition of skins and seeds of Vitis vinifera L. cv. Syrah grapes under semiarid conditions. **Food Chemistry** 203, p. 292–300, 2016.

LECCO, C. C.; CASTILHO, I. P. Caracterización de cepas y vinos syrah y cabernet sauvignon em quatro zonas Del Valle Central de Tarija. Em quatro zonas Del Valle Central de Tarja. **Revista Boliviana de Química de Química**. V. 25, n. 1, 2008.

LI, X.; YU, B.; CURRAN, P.; LIU, S.Q. Chemical and Volatile Composition of Mango Wines Fermented with Different Saccharomyces cerevisiae Yeast Strains. S. Afr. **J. Enol. Vitic.**, v. 32. n. 1, 2011.

LIMA, M. S.; LEITE, A. P. S., SAMPAIO, Y. C.; VIANELLO, F.; LIMA, G. P. P. Influences of the Harvest Season on Analytical Characteristics of Syrah Grapes and Wines Produced in the Northeast Region of Brazil. **International Journal of Agriculture and Forestry**, 5(2): 151-159, 2015.

MAYR, C.M.; GEUE, J.P.; HOLT, H.E.; PEARSON, W.P.; JEFFERY, D.W.; FRANCIS, I.L. Characterization of the Key Aroma Compounds in Shiraz Wine by Quantitation, Aroma Reconstitution, and Omission Studies. **J. Agric. Food Chem.**, v.62, p.4528–4536, 2014.

McRAE, J. M.; DAMBERGS, R. G.; KASSARA, S.; PARKER, M.; JEFFERY, D. W.; HERDERICH, M. J.; SMITH, P. A. Phenolic Compositions of 50 and 30 Year Sequences of Australian Red Wines: The Impact of Wine Age. **J. Agric. Food Chem.**, 60, 10093-10102, 2012.

MOTA, R.V., SILVA, C.P.C., FAVERO, A.C., PURGATTO, E., SHIGA, T.M., REGINA, M.A. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, p. 1127-1137, 2010.

NACZK AND, M.; SHAHIDI, F. Extraction and Analysis of Phenolics in Food. **Journal of Chromatography**, 1054, p. 95-111, 2004.

OIV - office international de la vigne et du vin . recueil des methodes internationales d'analyse des vins et des mouts. paris. section 2 - analyses physiques. **MA-F-AS2-01 – MAS VOL P**, p.1-18, 2003.

PEYNAUD, E. **Le vin et es jours**. Edit. Dunod, Bordas, Paris, 1998.

PARKER, M.; POLLNITZ, A. P.; COZZOLINO, D.; FRANCIS, I. L.; HERDERICH, M.J. Identification and Quantification of a Marker Compound for ‘Pepper’ Aroma and Flavor in Shiraz Grape Berries by Combination of Chemometrics and Gas Chromatography–Mass Spectrometry. **J. Agric. Food Chem.** v.55, p.5948-5955, 2007.

PEREZ-TRUJILLO, J. P.; HERNANDEZ, Z.; LOPEZ-BELLIDO, F, J.; HERMOSÍN-GUTIERREZ, I. Characteristic Phenolic Composition of Single-Cultivar Red Wines of the Canary Islands (Spain). **J. Agric. Food Chem.** 59, 6150-6164, 2011.

POMMER, C.V.; PASSOS, I.R. **Fisiologia da videira: como produçúcar uma videira**, 2005. Disponível em: <<http://users.directnet.com.br/pommer/COMOPRODUZACUCAR.pdf>>. Acesso em : jul03 jun 2018.

PROTAS, J. F. S; CAMARGO, U. A; MELLO, L. M. R. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 27, n.234, p. 7-15, set./out, 2006.

RAPOSO, R.; RUIZ-MORENO, M. J.; GARDE-CERDÁN, T.; PUERTAS, B.; MORENO-ROJAS, J. M.; GONZALO-DIAGO, A.; GUERRERO, R.; ORTIZ, V.; CANTOS-VILLAR, E. Grapevine-shoot stilbene extract as a preservative in red wine. **Food Chemistry**, vol 197, pag 1102-1111, 2016.

REGINA, M.A., MOTA, R.V., FAVERO, A.C., SHIGA, T.M., SILVA, L.H.J., SOUZA, W.C., NOVELLI, F.A.D., SOUZA, C.R. Caracterização físico-química de uvas viníferas cultivadas em regime de dupla-poda no nordeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Viticultura Enol.**, v.3, n.3, p.84-92, 2011.

RIBÉREAU-GAYON, P.; DUBOURDIEU, D., DONÈCHE, B., LONVAUD, A. Red Winemaking. In: _____ **Handbook of Enology – vol 1: The microbiology of wine and vinifications.** 2nd.ed. John Wiley & Sons: West Sussex. Cap.12, p.327-395,2006.

RISTIC, R.; OSIDACZ, P.; PINCHBECK, K. A.; HAYASAKA, Y.; FUDGE, A. L.; WILKINSON, K. L. The effect of winemaking techniques on the intensity of smoke taint in wine. **Australian Society of Viticulture and Oenology**, 17.529-540, 2011.

ROBINSON, A. L.; BOSS, A. K.; SOLOMON, P. S.; TREGOVE, R. D.; HEYMANN, H.; EBELER, S. E. Origins of grape and wine aroma. Part 1. Chemical components and viticultural impacts. **American Society for Enology And Viticulture**. 65:1, 2014.

RUSTIONI, L.; COLA, G.; WEIDE, J. V.; MURAD, P.; FAILLA, O.; SABBATINI, P. Utilization of a freeze-thaw treatment to enhance phenolic ripening and tannin oxidation of grape seeds in red (*Vitis vinifera* L.) cultivars. **Food Chemistry** 259, p. 139-146, 2018.

SARTOR, S.; MALINOVSKI, L. I.; CALIARI, V.; SILVA, A. L.; BORDIGNON-LUIZ, M. T. Particularities of Syrah wines from different growing regions of Southern Brazil: grapevine phenology and bioactive compounds. **Food Sei Technol**. v.54, n.6 p. 1414-1424. 2017.

SHI, P.B.; YUE, X.; AI, L.L.; CHENG, Y.F.; MENG, J.F.; LI, M.H.; ZHANG, Z.W. Phenolic Compound Profiles in Grape Skins of Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah and Marselan Cultivated in the Shacheng Area (China) South Africa **Journal Enology Viticulture**., v.37, p.2, 2016.

SOUZA Fº, J. M.; MANFROI, V. (Organizadores). **Vinho e saúde: vinho como alimento natural**. Bento Gonçalves: IBRAVIN, 112p, 2005.

STAVRIDOU, K.; SOUFLEROS, E. H.; BOULOUMPASI, E.; DAGKLI, V. The Phenolic Potential of Wines from French Grape Varieties Cabernet Sauvignon, Merlot and Syrah Cultivated in the Region of Thessaloniki (Northern Greece) and Its Evolution during Aging. **Food and Nutrition Sciences**, 7, 122-137, 2016.

TAKASE, H.; SASAKI, K.; SHINMORI, H.; SHINOHARA, A.; MOCHHIZUKI, C.; KOBAYASHI, H.; SAITO, H.; MATSUO, H.; SUZUKI S.; TAKATA, R. Analysis of Rotundone in Japanese Syrah Grapes and Wines Using SBSE with Heart-Cutting Two-Dimensional GC/MS. **American Journal of Enology and Viticulture**, 10.5344, 2015.

TONIETTO, J.; VIANELLO, R. L.; REGINA, M. A. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v, 27, n. 234, p. 32-55, 2006.

TOGORES, J. H. Tratado de Enologia. 2ª. ed. Madrid: **Mundi-Prensa**, v. I, 2011.

VIAN, M. A.; TOMAO, V. R.; COULOMB, P. O.; LACOMBE, J. M.; DANGLES, O. Comparison of the Anthocyanin Composition during Ripening of Syrah Grapes Grown Using Organic or Conventional Agricultural Practices. **J. Agric. Food Chem.** 54, p. 5230-5235, 2006.

VIDAL, S.; FRANCIS, L.; NOBLE, A.; KWIATKOWSKI, M.; CHEYNIER, V.; WATERS, E.; Taste and mouth-feel properties of different types of tannin-like polyphenolic compounds and anthocyanins in wine. **Analytica Chimica Acta** 513, p. 57-65, 2004.

VIDAL, S.; VUCHOT, P. Conhecimento e controlo dos compostos aromáticos e fenólicos dos vinhos. **Revista Internet de Viticultura e Enologia**, cidade n. 7, 11 p., 2005.

WESSNER, L. F.; KURTUTAL, S. K. Pruning Systems and Canopy Management Practice Interact on the Yield and Fruit Composition of Syrah. *Am. J. Enol. Vitic.* 64:1, 2013.

WOOD, C.; SIEBERT, T.E.; PARKER, M.; CAPONE, D. L.; ELSEY, G.M.; POLLNITZ, A.P.; EGGERS, M.; MEIER, M.; VÖSSING, T.; WIDDER, S.; KRAMMER, G.; SEFTON, M. A.; HERDERICH, M.J. From Wine to Pepper: Rotundone, an Obscure Sesquiterpene, Is a Potent Spicy Aroma Compound. **J. Agric. Food Chem.** v.56, p.3738–3744, 2008.

WORARATPHOKA, J.; INTARAPICHET, K-O.; INDRAPICHATE, K. Phenolic compounds and antioxidative properties of selected wines from the northeast of Thailand. **Food Chemistry** 104, p. 1485-1490, 2007.

XING, R. R., HE, F., XIAO, H. L., DUAN, C. Q., & Pan, Q. H. Accumulation pattern of flavonoids in Cabernet Sauvignon grapes grown in a low-latitude and high-altitude region. **South African Journal of Enology and Viticulture**, 36(1), 32-43, 2015.

ZAMORA, F.; LUENGO, G.; MARGALEF, P.; MAGRINA, M.; AROLA, L. Effect of drawing off on colour and phenolic compounds composition of red wine. **Rev. Esp. Cien. Tecnol. Alim.**, 34, p. 663-671, 1994.

ZAMORA, F. Elaboración y Crianza Del Vino Tinto: Aspectos científicos y prácticos. Madrid: **Multi-Prensa**. 225p, 2003.

ZHANG, P.; HOWELL, K.; KRSTIC, M.; HERDERICH, M.; BARLOW, E. W. R.; FUENTES, S. Environmental Factors and Seasonality Affect the Concentration of Rotundone in *Vitis vinifera* L. cv. **Shiraz Wine**. PLOS ONE, 2015.

ZOCHE, R. G. S.; JACOBS, S. A.; SAMPAIO, N. V.; SOUZA, V. Q.; CARVALHO, I. R.; NARDINO, M.; RIZZON, L. A.; ROMBALDI, C. V. Wines produced with 'Cabernet Sauvignon' grapes from the region of Bagé in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.52, n.5, p.311-318, 2017.

CAPITULO 3

**Volatile compounds and sensorial quality of Syrah wine produced under
double pruning in a new viticultural region Brazil**

Volatile compounds and sensorial quality of Syrah wine produced under double pruning in a new viticultural region Brazil

Marite DAL'OSTO,^{a*} Cesar ROMBALDI,^b Lucas AMARAL^c and Eduardo PURGATTO.^d

^a Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Roque. Brazil: marite.dalosto@ifsp.edu.br; ^b Universidade Federeral de Pelotas. Brazil: cesarvrf@ufpel.edu.br; ^c Universidade de São Paulo: Brazil lucsbamaral@usp.br; ^d Universidade de São Paulo. Brazil: epugartt@usp.br.

*Corresponding Author: Dal'Osto (55-11) 4784-9470, e-mail: marite.dalosto@ifsp.edu.br

Acknowledgments

The authors would like to thank Fazenda Portal da Luz and Sítio Itaboraí for access to the vineyards used in the experiment and also for the work support. They also thank scientific initiation students Rafaela Reis, Nathália Paz and Luísa Tannure for helping with analyses and Prof. Dr. Emanuella Fonseca for technical assistance. We tank the Fapesp and CNPq (public funding agency) for funding the research.

Aroma profile of Southeast Brazil

Abstract: The Syrah variety has been cultivated in medium-altitude regions (600 to 1200 m), and it has been managed with annual double pruning due to the two contrasting seasons: wet and dry. The wine produced under these conditions is expected to have a distinct aromatic profile. To test this hypothesis, we evaluated the volatile compounds profile and the sensorial quality of Syrah wines in two microregions of Southeast Brazil. In total, 73 volatile compounds were identified. The results reveal that the season factor has more influence on the volatile compound profile and the sensory analysis than the microregion factor. However, the volatile compounds ethyl 2-methylbutanoate, ethyl 3-methylbutanoate, 2,4-dihydroxyacetophenone, limonene and allocimene and butanenitrile are detected only in the Indaiatuba wines, whereas compounds 4-terpineol and 1-methyl-3-acetylindole are detected only in the wines from the São Bento do Sapucaí region, indicating that they are potential markers. Syrah wines showed a common main aromatic profile: predominantly esters, alcohols and terpenes, consistent with cultivar features and combining the characteristics of young wine (strawberry, blackberry, fig, blueberry, rose, orange blossoms and violet) and mature wines (pepper, coffee, tobacco, bacon, leather, spices and mushroom).

Key words: Wine flavors; high altitude; tropical climate; *Vitis vinifera* L.; Brazilian wine; *terroir*.

Introduction

The Syrah cultivar is known for producing complex red wines characterized by being full-bodied and having high intensity color and an aroma containing notes of spices and empyreumatics (when roasted oak barrels are used) and sometimes leather and mineral. It can also have floral scents and, in some regions of Australia, a peppermint aroma (Segurel et al., 2004; Wood et al., 2008; Herderich et al. 2012 Mayr et al., 2014, Robinson et al., 2014;

Takase et al., 2015; Zang et al. 2015; Condurso et al., 2016;). These characteristics, with some degree of variation, have been observed in Syrah grapes produced in biomes whose agroclimatic conditions are characterized by classic cycles of relatively severe to severe winters, such as France, Chile, China, Spain, Italy, South Africa and Argentina, and low precipitation summers during the phases between the stage of *véraison* and the technological or oenological maturation (Melo, et al. 2015). Furthermore, in most of these terroirs (Tonietto and Carbonneau, 2004; Belmiro et al., 2017), there are high temperature ranges during the maturation period (Tonietto and Carbonneau, 2004). Even with these similar macro characteristics, Syrah wines differ in the non-volatile and volatile chemical composition due to the fact that they come from grapes grown on differently managed vineyards (age, rootstock, clone, pruning system, production control, harvest maturation) or were elaborated by different techniques, such as the use of thinning, cold maceration, specific yeasts, *délestages*, the addition of enzymes, oenological tannins, mannoproteins, the use of vintage heating, the acceleration of aging, the addition of oak or aging in oak barrels, among other possibilities (Ristic, et al. 2007; Loscos et al., 2010; Dal Osto and Mota, 2012; Mayr et al., 2014; Condurso et al., 2016). Thus, establishing a comparative profile between Syrah wines produced in different countries and in regions within those countries is not trivial. However, many reports have described the wines of this cultivar as having good body, structure and aromas, especially spicy notes (Takase et al., 2015).

In Brazil, this cultivar has been highlighted in a new viticultural region in the Southeast region with medium altitude and sub-tropical to tropical climate and two well-defined climatic seasons: drought and rainy. The region is located between the geographic coordinates 22°00' and 24°00' S and 44°00' and 48°00' W, mainly in the states of Minas Gerais and São Paulo, which have a humid subtropical climate according to the Köppen climate classification (Tonietto et al., 2006). In this region, the following classifications can be found:

Cfb – humid temperate (mesothermic) at higher altitudes, with a mild summer with an average annual temperature of 15°C; Cwa – warm temperate (mesothermic), with an average temperature in the coldest month between 18°C and -3°C and the hottest month mean exceeding 22°C; Aw - a humid, tropical savannah climate (megathermal), with an average temperature in the coldest month above 18°C. The common climatic characteristics are high annual precipitation (over 1,200 mm) and a dry season during winter. Thus, the vine's management differs from that adopted in most of the world's wine regions, which has two annual cycles: the first is to form canes (August to December; the rainy season), in which production is completely withdrawn. The second cycle, from January to July, is when the grape is produced for vinification. This period is characterized by temperature ranges from 29.5°C to 13°C during the day and from 12°C to -0.6° at night; moreover, there is no rain. Temperature variations are due to altitude differences within the same region. Based on this feature, the possibility of producing wines with differentiated profiles is presumed, especially in aromas ([Gomez-Miguez, et al., 2007](#); [Herderich et al., 2012](#); [Condurso et al., 2016](#)) that are the main attributes of red and white wine ([Zalacain et al., 2007](#)).

Wine aroma is complex; the aromatic compounds found in grapes may be present in the free form or as non-volatile precursors, mainly glycoconjugates ([Loscos et al., 2010](#)). The Syrah variety is considered one with aromatic potential ([Togores, 2011](#)). Terpenes are quantitatively (1 to 30 mg L⁻¹) and qualitatively important components, particularly α -terpineol, a contributor to the spice aroma. Changes that occur in the concentration, proportion and type of volatile compounds ([Fariña et al., 2015](#)) determine for the differences in the aromatic wine profile. Syrah and Grenache wines studied in the Rhone Valley confirm this assertion; in such studies, the products were differentiated by dimethylsulfide according to geographical location and oenological procedures ([Ségurel, et al., 2004](#)). High concentrations of this compound, which were close to 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ in Grenache wines, resulted

in a negative effect on aroma, while its presence in Syrah wines enhanced fruity perception with black olive and truffle notes, which were attributed, to the maturation of oak wines. Rotundone, another compound characteristic of Syrah wines, is a sesquiterpene that confers pepper notes. Its concentration in Syrah wines has been attributed to edaphoclimatic conditions and, in particular, grapes cultivated in cold and humid regions have presented high levels of rotundone ([Mayr et al., 2014](#), [Takase et al., 2015](#); [Zang et al., 2015](#))

In addition, under the influence of a growth regulator application (1-naphthaleneacetic and etrel) used to alter the grape maturation time, rotundone levels increased in Australian Syrah wines ([Davies et al., 2015](#)). [Zang et al., 2015](#) have shown that some terpenes are related to herbivorous attacks or damages similar to those caused by them on the vine. In Australia, the shading effect of Syrah grapes during ripening ([Ristic et al., 2007](#)) has resulted in a decrease in norisoprenoid and diminished the fruity attribute and other aromas. The thinning cluster influence on the quality of Syrah wines in the Mediterranean climate has been evaluated in Palermo, Italy ([Condurso et al., 2016](#)), and findings indicate that this agricultural practice results in wines with lower levels of ethyl esters and increased monoterpenes and sesquiterpenes, as well as the presence of furfural and 5-methyl-furfural, which are responsible for caramel notes. It is also interesting to note that furfural and 5-methyl-furfural are detected in wines aged in roasted oak barrels, or in wines that receive an addition of roasted oak fractions during thermovinification.

In this context, this paper describes the volatile compounds profile in Syrah wines in two Brazilian wine-growing microregions: Indaiatuba (645 m altitude, average temperature of 14°C and less regularity between years) and São Bento do Sapucaí (1,200 m of altitude, average temperature of 11°C and greater climate regularity across the years). Given the existing knowledge about Syrah wines, it was expected that the wines of these two microregions would be distinct from each other and from wines produced in the most diverse

wine-growing regions, especially because, in this study, there are two grapevine cycles per year. Data from the literature indicate that monoterpenes and norisoprenoids are particularly prominent in grapes grown in higher-altitude regions. In the same way, vegetable and green pepper aromas are more frequent in grapes from cold regions with higher altitudes.

Materials and Methods

2.1 Study model: microregions and vineyard

The experiments were conducted in commercial vineyards that are eight years old: first, São Bento do Sapucaí (SBS), located at an altitude of 1,200 meters, and second, Indaiatuba (IND), located at an altitude of 644.8 meters. On those vineyards, the cultivar Syrah is grown - clone 174 ENTAV - INRA ® on rootstock (*Vitisberlandieri* x *Vitisrupestris*) 1103P - clone 768 ENTAV - INRA ®. The vineyards are cultivated in VSP, with 1 m between plants, 2.5 m between rows, with the first wire at 0.8 m and the vegetative canopy maintained at 1.75 m. In both regions, the cultivation is done under double pruning management (Favero et al., 2011). During the vegetative cycle, all bunches were removed at the stage of growing berries (pea-sized). The second pruning (yield pruning) was done in lignified branches to induce the reproductive cycle. In both cycles, the pruning was done in two-bud spurs, and sprouting inducer (Dormex™, Basf, 5% concentration) was used for budburst standardization. For the grape harvest, the soluble solids content of approximately 25° Brix was adopted as the basic parameter. Thus, at harvest, the grapes presented in vineyard 1 (SBS) 24.8° Brix and 24.4° Brix. In vineyard 2 (IND), they presented at 24.6° Brix and 24.5° Brix, in the harvests of 2013 and 2014, respectively. For each experimental unit, from each vineyard, 420 plants were isolated from which 250 kg of grapes were randomly separated, placed in leaked boxes, suitable for transporting fruits and immediately transported in a refrigerated truck to the

experimental winery, where it occurred the production of wines. During the maturation period there were no climatic events or diseases that could interfere with the results of the study. The vinifications were made with the 2013 (August 19th) and 2014 (July 24th) crops.

2.2 Wine-making

Grapes were vinified by the traditional method of red wine elaboration (Peynaud, 1997) in 300-liter stainless steel tanks with cooling straps and an automated temperature control system. In both treatments, the grapes were destemmed; after that, SO₂ in the concentration of 80 mgL⁻¹, yeast MAURIVIN AWRI 1503 (*Saccharomyces cerevisiae*) 20 gL⁻¹ and pectolytic enzyme (ROHAVIN MXT) 3 gL⁻¹ were added. The fermentation temperature was maintained at 25° and 28°C for eight days.

During this period, the wine was racked and returned three times per day, and three pigeages were also made three times per day. The wine was racked off to separate the solid parts from the liquid. It passed through malolactic fermentation spontaneously, racking (wine cleaning), stabilization (precipitation of salts of tartaric acid by cold) and packaging. The evaluations were carried out 32 months after harvest/vinification in 2013 and 20 months after harvest/vinification in 2014.

2.3 Physico-chemical analysis

The alcohol content was determined (Super DEE Gibertini distiller) by pycnometry, and the ethanol content was estimated based on conversion tables (OIV, 2003). The titratable total acidity was conducted with bromothymol blue as the indicator. Volatile acidity was determined by dragging the vapor obtained after distillation (Super DEE Gibertini distiller) and titration with 0.1 N NaOH using phenolphthalein as the indicator. The pH was measured by potentiometry (Micronal digital potentiometer model B 474) and dry extract by the densimetric method calculated by the Tabarié formula (Brazil, 1986). The content of free

sulfur dioxide was determined using the method of Ripper (Amerine & Ough, 1980) and sugar content by the Fehling method (Brazil, 1986). Color intensity was estimated using the Hue and IPT according the method described by Curvelo-Garcia (1988).

2.4 Volatile compounds analysis

For the volatile compounds analysis, the solid phase microextraction technique (SPME) with 50 / 30 μ m DVB / CarboxenTM / PDMS StableFlexTM (Supelco[®]) fiber was used. The aroma extraction methodology was performed according to Gurbuz, Rouseff and Rouseff (2006), adapted for the Syrah variety and widely used in wines. 10 mL of the wine sample was pipetted into a vial of about 40-mL capacity, and 10 μ l of isopropanol (Merck[®]) added as an internal standard of relative quantification. The vial was closed with a plastic cap, sealed with parafilm and heated on the hot plate at 40°C for 20 minutes to equilibrate the volatile compounds with the headspace. The SPME fiber was then introduced into the vial and exposed to the air within for 30 minutes at 40°C with constant stirring. Once the sample was collected, it was desorbed from the fiber by exposure to the chromatograph injector heat (200 °C) for five minutes. The Agilent model 7890 chromatograph was coupled to a 5977 mass selective detector from the same company. The chromatographic column used was Supelcowax 10 (30 m, 0.25 mm internal diameter, 0.25 μ m parafilm thickness). The temperature program used was 2 °C/min ramp from 40°C to 150°C. The interface between the chromatograph temperature and the selective mass detector was 230°C, and the ionization was done by electron impact (70 eV), with the ion source maintained at 150 °C. Compound identification was done by comparison of sample mass spectra and the NIST2011 library, using MassHunter v. B.06.00 and the Kovats retention index (KI) calculation based on retention times of a standard mixture of n-alkanes (C8 to C20). The calculated KI from samples were compared to values reported in online databases (Nist Chemistry Webbook, Chempider and Pubchem).

2.5 Sensorial Analysis

For the sensorial analysis, a sensorial panel was structured in which 12 trained tasters participated, who were enologists and wine lovers with proven experience in technical tasting, being composed by men and women. In order to express the aromatic perceptions in the same way, a card containing 8 aromatic classes (vegetable, floral, fruity, animal, wood, chemical, empireumatic and microbiological) was delivered to each taster. In the olfactory examination, besides the aromatic classes, an aromatic delicacy and an aroma intensity were also evaluated. The tasting was done blindly with an interval of 40 minutes between each sample; at room temperature (20 ° C); the order was drawn for each evaluation and was done through a descriptive sheet for Syrah wines, described by [Carbonneau, 2007](#), which uses a hedonic scale of 5 points, being 1 null, 2 weak, 3 medium, 4 strong and 5 is very strong.

2.6 Experimental design and statistical analysis

Vineyards, vinifications and analyses were done in triplicates. Mean values and standard deviations were determined using the XLSTAT software. The results were submitted to statistical analysis of variance (ANOVA) and, in the case of a significant difference, the means were compared by the Tukey test at 5% of significance using Statistica 6 software. Principal component analyses (PCA) and Heatmap were performed on the normalized area of the volatile compounds identified in the samples. Data were transformed into a log₂ scale after normalization, and the software used was MetaboAnalyst 3.0 (<http://www.metaboanalyst.ca>, [XIA et al., 2015](#)). The sensory analysis data were treated by means of a weighted average among tasters.

Results

3.1 Syrah wines' physical-chemical characteristics

The processes of maturation of bottled wine had different times between the harvests, so they cannot be compared between years. As expected, due the grape characteristic and the enological process employed, Syrah wines produced in both harvests of both regions presented a medium-high alcohol content (12.98 to 13.5%), an adequate acidity (4.2 to 5.6 g.L⁻¹), low volatile acidity (0.4 to 0.6 g.L⁻¹), adequate pH (3.59 to 3.88) and low residual sugars, classifying the wine as dry (1.2 to 1.5 g.L⁻¹), medium-high dry extract (26 to 30.7), good color index (between 10.7 and 13.9 nm), hue (0.9 to 1.03 nm) and high IPT (45 and 57.8 mg.L⁻¹). The differences presented in wines between harvests for the two vinified microregions are mainly due to the greater amount of rainfall occurred in 2014 in both regions.

3.2 Main volatile compounds identified in Syrah wines

By HS-SPME-GC-MS analysis, 74 volatile compounds were identified in the wines from IND and SBS in both harvests analyzed, including 19 alcohols, seven terpenes, two phenols, four acids, 28 esters, 12 other compounds and one norisoprenoid (Table 2).

3.2.1 Alcohols

Alcohols were the second-largest group of identified volatile compounds in the analyzed samples (19 of the 74 identified aromas). In the 2013 vintage, the alcohols that differentiated the regions were 1-butanol, pentamethylethanol, benzylalcohol, which appeared only in SBS wines, and the 1-decanol, which appeared only in IND wines. 3-octanol was not found in the 2013 vintage. In the 2014 vintage, pentamethylethane was not found in the two microregions.

In SBS, the aromas 4-methylpentanol and 3-methylpentanol were not identified, and in IND, alcohols that did not appear in the 2014 vintage were 1-octen-3-ol and 3-octanol.

3.2.2 Terpenes

Seven terpene compounds were found in the wines analyzed, and only linalool and α -terpineol were found in all samples. The wines of 2013 vintage presented the greatest regional difference regarding these compounds, since in SBS, no limonene and allocimene were found, and in IND, no trans-linalool oxide, cis-linalool and 4-terpineol were detected. In the 2014 vintage, the difference was due to the compound 4-terpineol, found only in SBS, and limonene and allocimene, which appear only in IND.

3.2.3 Phenols

Only two volatile phenolic compounds were detected, 2,4-dihydroxyacetophenone, found only in IND wines in both crops, and methyl salicylate, found in all samples except IND 2013.

3.2.4 Esters

The largest group of volatile compounds found in Syrah wines of both microregions studied were the esters (28 of the 74 volatile compounds). In the 2013 crop in both microregions, the following esters were identified: ethyl acetate, ethyl butanoate, ethyl hexanoate, phenacylidene diacetate, ethyl heptanoate, ethyl 2-hydroxypropanoate, ethyl octanoate, ethyl 3-hydroxybutanoate, ethyl 2-hydroxy-4-methyl pentanoate, 3-methyl-ethyl butanoate, ethyl decanoate, methylbutyl octanoate, diethyl succinate, ethyl 4-decenoate, citronellyl formate, 2-phenylethyl acetate and ethyl 3-methylbutyl succinate. In the 2013 vintage, the wine from the IND region presented, three esters that did not appear in the SBS region: 2-methyl-ethyl

butanoate, 3-methyl-ethyl butanoate and ethyl 2-hexenoate. The wine from the SBS region showed four esters that were not found in IND wines: isoamyl acetate, hexyl acetate, methyl octanoate and butylethyl succinate. In the 2014 vintage, the compound ethyl 3-hydroxybutanoate was not found in any of the microregions studied, and the compound 3-methyl butanoate was found only in the SBS wine. The IND 2014 vintage wine presented nine compounds that were not found in SBS: phenacylidene diacetate, methyl octanoate, butylethyl succinate, 2-methyl-ethyl butanoate, ethyl-2-hexenoate, (E)-3-hexenyl butanoate and ethyl 4-octenoate.

3.2.5 Acids

Acetic acid, hexanoic acid and octanoic acid were found in the 2013 and 2014 vintages in both regions, and Imidazole-4-acetic acid was only present in 2013 vintage IND wines.

3.2.6 Other volatile compounds

12 other compounds were found. In the 2013 crop, both regions presented the compounds propionic anhydride, Butyrolactone, β -ionone, 2-methyl-tetrazole, methyl vinyl ketone, 5-hydroxy-7-methoxy-2-methyl, furfural and acetoin. Only SBS wines had the compounds 1-methyl-3-acetylidone, benzaldehyde and 5,7-dimethyl-undecane, whereas IND wines had butanenitrile. The 3-ethoxypropanol and acetoin compounds were not detected in the 2013 crop. In the 2014 vintage, the main difference between these compounds was the occurrence of furfural, 1-methyl-3-acetylidone 3-ethoxypropanol in SBS, whereas in IND, only compounds 2-methyl-3-phenyl-4-chromenone, butanenitrile and acetoin were found. Benzaldehyde and 5,7-dimethyl-undecane were not found in the 2014 wines.

3.2.7 Norisoprenoid

Only one norisoprenoid compound was identified; β -ionone was present in both regions and harvests, but in larger amounts in the SBS region.

3.3 Multivariate analysis

The main component analyses (PCAs, Figure 2) indicated a separation of the wines from each microregion, primarily due to the main component 1, which comprised 51.9% and 60.3% of the variance of the set of volatile compounds in 2013 and 2014 vintages, respectively.

In the same region, the differences between the vintages were due to the following compounds:

SBS (2013) - E6 (phenacylenene diacetate), E9 (methyl octanoate), E11 (ethyl 3-hydroxybutanoate), E20 (butyl ethyl succinate), A3 (3-methylpentanol), A7 (pentamethylethanol), AC1 (acetic acid), O4 (methyl vinyl ketone), O6 (benzaldehyde), O8 (5-hydroxy-7-methoxy-2-methyl-3-phenyl), E2 (ethyl butanoate), E3 (isoamylacetate), E5 (hexyl acetate), E17 (diethyl succinate), A1 (ethanol), A6 (3-hexenol), A8 (1-octen-3-ol), A9 (1-heptanol), A11 ([R,R]-2,3-butanediol), A13 ([S,R]-2,3-butanediol), A15 (benzylalcohol), A19 (1-nonanol), AC1 (acetic acid) and O2 (propionic anhydride).

SBS (2014) - E26 (3-methyl butanoate), A17 (1-decanol), A18 (3-octanol) and O10 (3-ethoxypropanol).

IND (2013) - E11 (ethyl 3-hydroxybutanoate), A8 (1-octen-3-ol), AC4 (imidazole-4-acetic acid) and O5 (furfural) and E8 (ethyl 2-hydroxypropanoate), E23 (ethyl 2-methylbutanoate), A1 (ethanol), O1 (2-methyl-tetrazole), O2 (propionic anhydride), O3 (butanenitrile), O4 (methyl vinyl ketone) and N1 (β -ionone).

IND (2014) - E3 (isoamylacetate), E5 (hexylacetate), E9 (methyl octanoate), E25 ((E)-3-hexenyl butenoate), E27 (ethyl 4-octenoate), A2 (1-butanol), A15 (benzyl alcohol), E4 (3-methoxy-3-methylbutyl acetate), E14 (3-methoxy-3-methylbutyl acetate), E1 (Ethylhexanoate), E1 (Ethyl acetate) and E2 (ethyl-butanoate).

The regions within the same vintage were compared, and other compounds' influences were observed. In the 2013 vintage, SBS region, these were E3 (isoamylacetate), E5 (hexylacetate),

E9 (methyl octanoate), E20 (butyl ethyl succinate), A2 (1-butanol), A7 (pentamethylethanol), A15 (benzylalcohol), P2 (methyl salicylate), T1 (trans-linalool oxide), T2 (cis-linalool oxide), T4 (4-terpineol), e O9 (1-methyl-3-acetylinole) E10 (ethyl octanoate), E15 (ethyl decanoate), E18 (ethyl 4-decenoate) and e N1 (β -ionone). In the IND region, they were E23 (ethyl 2-methylbutanoate), E28 (ethyl 2-hexenoate), A17 (1-decanol), T7 (allocimene), P1 (2,4-dihydroxyacetophenone), T6 (limonene), AC4 (imidazole-4-acetic acid), O3 (butanenitrile) and e O1 (2-methyl-tetrazole). In the 2014 vintage, the volatile compounds that differed between the regions were, in the SBS region, E26 (3-methyl butanoate), A8 (1-octen-3-ol), A18 (3-octanol), T4 (4-terpineol), O5 (furfural), O9 (1-methyl-3-acetylinole), e O10 (3-ethoxypropanol) and e o N1 (β -ionone). In the IND region, they were E6 (phenacylenene diacetate), E9 (methyl octanoate), E20 (butyl ethyl succinate), E23 (ethyl 2-methylbutanoate), E24 (ethyl 3-methylbutanoate), E26 ((E)-3-hexenyl butenoate), E27 (ethyl 4-octenoate), E28 (ethyl 2-hexenoate), A3 (4-methylpentanol) and A4 (3-methylpentanol).

Although the wines have similar volatile profiles, the normalized amount of each compound differs between vintages and microregions (Heatmap, Figure 3). When the classes of volatile compounds were separated, it was noted that, in 2013, the SBS region presented an ester concentration above that found in the IND wines (1.5 fold), with emphasis on the compounds E1 (ethyl acetate), E3 (isoamylacetate), E10 (ethyl octanoate), E15 (ethyl decanoate), E16 (methyl butyl octanoate) and E18 (ethyl 4-decenoate), known as tropical fruit flavors and wood notes. The same was observed for alcohols A2 (1-butanol), A8 (1-octen-3-ol) and A15 (benzylalcohol), which have medicinal, mushroom and sweet notes, respectively, and terpenes T1 (trans-linalool oxide), T2 (cis-linalool oxide) and T4 (4-terpineol), which are all described as floral aromatic notes. The SBS region showed a higher amount of the norisoprenoid β -ionone, which presents a violet aromatic descriptor and is considered characteristic of the Syrah variety (Mayr et al., 2014; Gonzalez-Barreiro et al., 2015). In the IND region, a greater

number of esters were found in this crop, but the main ones were E6 (phenacylenene diacetate), E7 (ethyl heptanoate), E8 (ethyl 2-hydroxypropanoate), E14 (3-methoxy-3-methylbutyl acetate), E21 (2-phenylethyl acetate), E24 (ethyl 3-methylbutanoate), E23 (ethyl 2-methylbutanoate) and E28 (ethyl 2-hexenoate), related to freshness, rose, kiwi, apple and strawberry. Regarding alcohols, the differences found were due to A1 (ethanol), A3 (4-methylpentanol), A5 (1-hexanol), A6 (3-hexenol), A9 (1-heptanol) and A10 (2-ethyl - hexanol), and they related to alcohol, synthetic, green, herbaceous, sweet and floral notes. Phenol P1 (2,4-dihydroxyacetophenone) comes from the decarboxylation of phenolic acids (Villamor and Ross, 2013), and it was found only in the IND region in both vintages. The relevant terpenes were T6 (limonene) and T7 (allocimene), with green and fruits descriptors, and O4 (methyl vinyl ketone), which is described as a pungent pepper note, and appeared in both vintages of the IND region.

In the 2014 vintage, SBS showed a higher concentration of E2 (ethyl butanoate), E8 (ethyl 2-hydroxypropanoate), E12 (ethyl nonanoate), E13 (ethyl 2-hydroxy-4-methyl pentanoate), E14 (3-methoxy-3-methylbutyl acetate), A5 (1-hexanol), A6 (3-hexenol) and A11 (cytronellyl formate), related to apple, butter, fruity, waxy, pleasant notes and rose. In addition to alcohols A1 ([R, R] -2,3-butanediol), A12 (1-octanol), A13 ([S, R] -2,3-butanediol), A15 (benzylalcohol), A16 (phenylethanol) and A19, which are related to alcohol, synthetic, green, herbaceous, butter, orange, sweet and floral aromas. In the IND region, the esters that stood out were E4 (ethyl hexanoate), E5 (hexyl acetate), E6 (phenacylenene diacetate), E10 (ethyl octanoate), E15 (ethyl decanoate), E16 (methyl butyl octanoate), E23 (ethyl 2-methylbutanoate), E24 (ethyl 3-methylbutanoate) and E28 (ethyl 2-hexenoate), related to aromas such as small fruits, red fruits, smoky and wood, and the alcohols A3 (4-methylpentanol) and A4 (3-methylpentanol).

3.4 Sensorial Analysis

When the wines were evaluated, it was observed that two independent variables (season and region) influenced them, but the season had a more noticeable effect than the production microregion. The 2013 wines were less green than those of the 2014 vintage. Tasters described SBS region wines as slightly more herbaceous, fresh, jam, balsamic, floral and smoky. Aromas such as mint, thyme, ripe tomatoes, black olives, figs, blackberries, woody, coffee, smoke, black pepper, nutmeg, yogurt, mushroom and rose were found. In the IND region, the wines appeared slightly more animal. Green tomato, green olive, grass, dry grass, strawberry, wet stone, chocolate, butter, black pepper, leather, violet and coconut were used to describe it. In the 2014 vintage (Figure 3, A and B), IND wines had higher grades in the herbaceous, jam and smoky series, with descriptive aromas such as olive, caper, grass, blueberry, raisins, resin, pepper, coffee, tobacco, bacon and violet. In SBS wines, panelists described aromas of eucalyptus, asparagus, mint, strawberry, honey, pepper, coffee, tobacco, leather, earth, mushroom, orange blossom and violet. The panel strongly perceived the attributes of fineness and the aromatic intensity, which stood out as a general characteristic in the wines evaluated.

The taste sensory analysis (Figure 4C and D) showed that the wines showed similar trend profiles in both vintages. The IND wine received the highest scores in the highest number of attributes in 2013 (color, sweetness, astringency, bitterness, body, persistence, harmoniousness, aging potential, taste quality and overall quality). In 2014, the differences were lower than in 2013. In general, the two seasons had, for both regions, wines of high gustatory quality with equivalent sensorial gustatory profiles; there was a slight superiority of IND wines in 2013, which was undone in 2014.

Discussion

Although the microregions where the Syrah grapes were produced have different climatic conditions, the wines produced have similar general physico-chemical characteristics. In general, in the oenological process of production, the expected alcohol content (between 12.3 and 14.5%), the desired low volatile acidity (less than 1 g L^{-1} of tartaric acid), good dry extract (21 to 32 g L^{-1}), good acidity (pH 3.5 to 3.9 and total acidity of 4.4 to 8.4 g L^{-1} of tartaric acid) and good coloring indexes (IPT above 40, CI above 5 and Hue below 1) were achieved. This was expected, given that these are the general characteristics of Syrah wines in several traditional (Vidal and Vouchot, 2005; Condurso et al., 2016) and non-traditional (Dal'Osto and Mota, 2012) wine-growing regions. These results agree with the findings of several authors, who have stated that these variables are relevant to monitoring the basic composition of wines but do little to typify them by terroir (Gómez-Miguéz et al., 2006; Robinson et al., 2014). Therefore, the identification of volatile compounds was included in this work.

Based on the present study, it was verified that, in Syrah wines from both microregions in both seasons, 19 of the volatile compounds detected (74) were alcohols, and none of them differ from the microregion production. In addition, the alcohols detected are those commonly found in Syrah wines (Zhao et al., 2017;). The greatest diversity of volatile compounds is related to volatile esters (29), especially acetate esters, which are more frequent in young wines and are responsible for the fruity and "fresh" attributes (Condurso et al., 2016).

These compounds are mainly responsible for the fruity and sweet aromas of wine (Robinson et al., 2014), which were observed in the analysis of the Syrah wines studied in this project (Figure 4A and B). It should be noted, however, that the wines studied had already matured for 32 months (2013) and 20 months (2014), indicating that despite this time, they still had sensory notes and volatile esters characteristic of younger wines. This characteristic is similar to the results detected in Syrah wines produced in Marsala, Italy and described by Condurso et al., 2016, and differs from Mayr et al.'s 2014 study in Australia and from the wines described by Vidal and Vuchot, 2005 and Segurel et al., 2009 in France. The exact causes of these differences are not clearly established, since there are many interfering variables that were not monitored in all studies, such as the Syrah clone studied, the age of the vineyard, the cultivation system and the enological process. However, it has been demonstrated that the Syrah wines produced in an altitude region in Brazil under the double-pruning system and two annual cycles with grape production for wine accruing in the dry season generate wines rich in volatile esters, which contribute to their fruity character. It is preserved in wines between twenty and thirty-two months of maturation (Figures 4A and B). Regarding the esters that chemically differentiated wines from the two microregions, ethyl 2-methylbutanoate (fruits, kiwi), ethyl 3-methyl butanoate (fruits, apple) and ethyl 4-octenoate (yellow fruits) (Table 2 and Figures 3) stood out and were present only in IND wines. However, tasters did not notice this difference during sensory analysis (Figure 4A and B). These compounds have a very low perception threshold, of 0.01 to 0.1 ppb, 0.01 to 0.4 ppb and 50 ppb, respectively (Burdock,

2009; Falcão et al., 2012). In fact, according to literature, many esters, including the majority of those found in IND wines, are described with very low perception thresholds (Burdock, 2009; Falcão et al., 2012). This confirms what has been shown by Falcão et al., 2012, in a study of the perception of red fruit aroma in Bordeaux wines, which suggests a synergistic interaction between some esters, and also in a study by Pineau et al., 2009 that relates the ethyl 2-methylbutanoate aroma with blackberry and sweet aromas found in wines from this region.

Terpenoid group compounds are considered relevant in Syrah wines because they contribute floral aromas and spices (Escudero et al., 2007; Robinson et al., 2014; Gonzáles-Barreto et al., 2016). In the wines studied here, 4-terpineol (T4) and α -terpineol (T5) (Table 2, Figure 3) were detected, but T4 was only detected in wines from the SBS microregion. However, the floral attribute was only slightly higher in the sensory evaluation. Other terpenoids, such as limonene (T6) and allocimene (T7), were present only in IND wines, which could be indicate a differential marker for this region. T7 has a low perception threshold, as do most terpenes and esters, but unlike other compounds, this was perceived by the tasters, who pointed out descriptors such as seasonings, pepper, sweet and bacon in IND wines. Thus, 4-terpineol presents itself as a positive marker for SBS wines, and limonene and allocimene do the same for IND wines. Another terpenoid from the sesquiterpene group associated with a high chemical marker of Syrah wines is rotundone, which confers the attribute of condiments, mainly pepper (Wood et al., 2008; Seibert et al., 2008; Robinson et al., 2014; Mayr et al.,

2014; Zhang et al., 2015; Takase et al., 2015). This compound was not detected in the Syrah wine volatile compounds profile studied. Even so, the spice attribute received good marks from the tasters for both IND and SBS wines in both vintages, likely because of the presence of methyl vinyl ketone, which is described as “pungent and pepper.”

The sensorial analysis, as expected, showed that the crop and the microregion affected the olfactory and gustatory quality, but this work is insufficient to isolate a dependent variable that distinguishes the wines. In general, Syrah wines of these microregions, even with evaluations 24 and 32 months after winemaking, still had an aromatic sensorial profile of relatively young wines with green and fine aroma, with good intensity and finesse. At the same time, the aromatic notes perceived and described in the sensory analysis were, in the majority, similar to those described by Segurel et al., 2004 for Syrah wines from France, including attributes such as black olives, truffles, jam, fruits, grass, thyme, and rosemary. These attributes are generally considered as bouquets characteristic of aged wines, such as Côtes-du-Rhône.

In conclusion, some volatile compounds, such as E23 (ethyl 2-methylbutanoate), E24 (ethyl 3-methylbutanoate), P1 (2,4-dihydroxyacetophenone), T6 (limonene), T7 (allocimene) and O3 (butanenitrile), which were only detected in IND wines, and compounds T4 (4-terpineol) and O9 (1-methyl-3-acetylmethylindole), which were only detected in the SBS region, could be potential markers. In addition, Syrah wines of the two microregions showed a main and common aromatic profile that combined characteristics of young wine (strawberry,

blackberry, fig, blueberry, rose, orange blossoms and violet) and more mature wines (pepper, coffee, tobacco, bacon, leather, spices and mushroom).

Conclusion

The uniqueness of a wine is intrinsically linked to the grape aromatic precursors, whose levels in the fruit are influenced by the viticultural and oenological practices adopted, as well as its transformations during vinification and aging. The identification of the compounds responsible for the wine aroma from a given region and their sensory attributes are important for the characterization of a region, particularly for a new wine region, such as Southeast Brazil. In the studies reported here, the same process of vintage, maturation and elaboration of the wine resulted in a volatile profile that was similar in qualitative terms. However, the content of the aromatic compounds (normalized by internal standard) was different, which confirms the influence of edaphoclimatic conditions in the final product characterization. The compounds E23 (ethyl 2-methylbutanoate), E24 (ethyl 3-methylbutanoate), P1 (2,4-dihydroxyacetophenone), T6 (limonene), T7 (allocimene) and O3 (butanenitrile) appeared in both vintages of the IND samples. It would be interesting to deepen the study to verify if these aromas could be considered terroir markers. The same study must be done for T4 (4-terpineol) and O10 (1-Methyl-3-acetylinole) compounds in the SBS region.

Literature Cited

Amerine, M.A.; Ough, C.S. 1980. Methods for analysis of musts and wines. New York: Willey. 341p.

Belmiro, T.M.C, Pereira, C. F, Paim, A.P.S. 2017. Red wines from South America: content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin. *Microchemical Journal* Accepted date: 13 March 2017.

Brasil. Ministério da Agricultura. 1986. Manual de métodos de análises de bebidas e vinagres. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt. 2.

Burdock, G, A. 2009. Fenaroroli's handbook of Flavor Ingredients. 6a ed. CRC Press, New York.

Carboneau, A. 2007. Théorie de la maturation et de la typicité du raisin. *Progrès Agricole et Viticole*, v.13, p.275-284.

Concurso, C.; Cincotta, F.; Tripodi, C.; Sparacio, A.; Giglio, D.M.L.; Sparla, S.; Verzera, A. 2016. Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitisvinífera* L.). *Eur. Food Res Technol.*

Curvelo-Garcia, A.S. 1988. Polifenóis: a cor dos vinhos. In: Controle de qualidade dos vinhos. Lisboa: Instituto da Vinha e do Vinho. cap. 11, p. 311-347.

Dal'Osto, M.; Mota, R.V. 2012. Emprego de baixas temperaturas na extração de compostos fenólicos durante a elaboração de vinhos Syrah. *Revista Brasileira de Viticultura e Enologia*, nº 4, p. 36-44.

Davies, C.; Nicholson, E.L.; Bottcher, C.; Burbidge, C.A.; Bastian, S.E.P.; Harvey, K.E.; Huang, A.; Taylor, D.K.; Boss, P.K. 2015. Shiraz Wines Made from Grape Berries (*Vitis vinifera*) Delayed in Ripening by Plant Growth Regulator Treatment Have Elevated Rotundone Concentrations and "Pepper" Flavor and Aroma. *J. Agric. Food Chem.* 63, 2137–2144.

Escudero, A.; Campo, E.; Farina, L.; Cacho, J.; Ferreira, V. 2007. Analytical characterization of the aroma of five premium red wines into the role of odor families and the concept of fruitiness of wine. *J. Agric Food Chem* 55:4501-4510.

Falcao, L. D.; Lytra, G.; Darriet, P.; Barbe, J.C. 2012. Identification of ethyl 2-hidroxy-4-methylpentanoate in red wines, a compound involved in blackberry aroma. *Food Chemistry*, vol 132, pag 230-236.

Fariña, L.; Villar, V.; Ares, G.; Carrau, F.; Dellacassa, E.; Boido, E. 2015. Volatile composition and aroma profile of Uruguayan Tannat wines. *Food Research International*. v.69. p. 244 – 255.

Favero, A. C.; Amorim, D. A.; Mota, R. V.; Soares, A. M.; Souza, C. R.; Regina, M.A. 2011. Double-pruning of 'Syrah' grapevines: a management strategies to harvest wine grapes during the winter in the Brazilian Southeast. *Vitis*, v. 50, p. 151-158.

Gómez-Míguez M.; González-Miret M.L.; Heredia F.J. 2007. Evolution of colour and anthocyanin composition of Syrah wines elaborated with pre-fermentative cold maceration. *Journal of Food Engineering* v.79 p.271–278.

Gonzalez-Barreiro, C.; Rial-Otero, R.; Cancho-Grande, B.; Simal-Gandara, J. 2015. Wine Aroma Compounds in Grapes: A Critical Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55:202–218.

Loscos, N.; Hernández-Orte, P.; Cacho, J.; Ferreira, V. 2010. Evolution of the aroma composition of wines supplemented with grape flavor precursors from different varieties during accelerated wine ageing. *Food Chemistry* v.120 p.205–216.

Mayr, C.M.; Geue, J.P.; Holt, H.E.; Pearson, W.P.; Jeffery, D.W.; Francis, I.L. 2014. Characterization of the Key Aroma Compounds in Shiraz Wine by Quantitation, Aroma Reconstitution, and Omission Studies. *J. Agric. Food Chem.*, v.62, p.4528–4536.

Melo, M.S; Schultz, H.R.; Volschenk, C.G.; Hunter, J.J. 2015. Berry Size Variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological Dimensions, Berry Composition and Wine Quality. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, Vol. 36, No. 1.

Office International de la Vigne et du Vin. 2003. Recueil des methodes internationales d'analyse des vins et des mouts. Section 2: Analyses physiques. Paris, 18p.

Peynaud, E. 1997. Connaissance et travail du vin. Editora Dunod, Paris, p.341.

Pineau, B.; Barbe, J. C.; Van L. C.; Dubourdieu, D. 2009. Examples of perceptive interactions involved in specific “red” – and “black-berry” aromas in red wines. *J. Agric. Food.* 57:37023708.

Ristic, R.; Downey, M.O.; Iland, P.G.; Bindon, K.; Francis, L.I.; Herderich, M.; Robinson, S.P. 2007. Exclusion of sunlight from Shiraz grapes alters wine colour, tannin and sensory properties. *Australian Journal of Grape and Wine Research* v.13, p.53–65.

Robinson, A. L.; Boss, P.K.; Salomon, P. S.; Trengove, R. D.; Heymann, H.; Ebeler E. S. 2014. Origins of Grape and Wine Aroma. Part 1. Chemical Components and Viticultural Impacts. *American. Journal. Enology and Viticulture.* v.65, p.1.

Segurel, M.A.; Razungles, A.J.; Riou, C.; Salles, M.; Baumes, R.L. Contribution of Dimethyl Sulfide to the Aroma of Syrah and Grenache Noir Wines and Estimation of Its Potential in Grapes of These Varieties. *Agric. Food Chem.* v.52, p.7084–7093, 2004.

Segurel, M.A.; Baumes, R.L.; Riou, C.; Razungles, A.J. 2009. Role Of Glycosidic Aroma Precursors On The Odorant Profiles Of Grenache Noir And Syrah Wines From The Rhone Valley. Part 1: Sensory Study. *Journal Int. Sci. Vigne Vin*, 43, n°4, 199-211.

Takase, H.; Sasaki, K.; Shinmori, H.; Shinohara, A.; Mochizuki, C.; Kobayashi, H.; Saito, H.; Matsuo, H.; Suzuki S.; Takata, R. 2015. Analysis of Rotundone in Japanese Syrah Grapes and Wines Using SBSE with Heart-Cutting Two-Dimensional GC/MS. *American Journal of Enology and Viticulture*, 10.5344.

Togores, J. H. 2011. Tratado de Enología. 2a Ed. Eddiciones Mundi-Prensa, Madrid.

Tonietto, J.; Carbonneu, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.124 p.81–97.

Tonietto, J.; Vianello, R. L.; Regina, M. A. 2006. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola de Minas Gerais. . *Informe Agropecuario*, Belo Horizonte, v, 27, n. 234, p. 32-55.

Vidal, S., Vuchot, P. 2005. Conhecimento e controlo dos compostos aromáticos e fenólicos dos vinhos. *Revista Internet de Viticultura e Enologia*, v.7, p.11. Disponível em:<<http://www.infowine.com/intranet/libretti/libretto2235-01-1.pdf>>. Acesso em 18 maio 2017

Wood, C.; Siebert, T.E.; Parker, M.; Capone, D. L.; Elsey, G.M.; Pollnitz, A.P.; Eggers, M.; Meier, M.; Vössing, T.; Widder, S.; Krammer, G.; Sefton, M. A.; Herderich, M.J. 2008. From Wine to Pepper: Rotundone, an Obscure Sesquiterpene, Is a Potent Spicy Aroma Compound. *J. Agric. Food Chem.* v.56, p.3738–3744.

Xia, J.; Sinelnikov, I.V.; Han, B.; Wishart, D.A. 2015. MetaboAnalist 3.0 – making metabolomics more meaningful. *NucleicAcidsResearch*, v. 43, p. 251-257.

Zalacain, A.; Marín, J.; Alonso, G.L.; Salinas, M.R. 2007. Analysis of wine primary aroma compounds by stir bar sorptive extraction. *J. Talanta* v.71, p.1610–1615.

Zhang, P.; Howell, K.; Krstic, M.; Herderich, M.; Barlow, E. W. R. 2015. Fuentes, S. Environmental Factors and Seasonality Affect the Concentration of Rotundone in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz Wine. *Plos One*.

Zhao, P.; Gao, J.; Quian, M.; Li, H. 2017. Characterization of the Key Aroma Compounds in Chinese Syrah Wine by Gas Chromatography-Olfactometry-Mass Spectrometry and Aroma Reconstitution Studies. *Molecules*, 22, 1045.

Table 1 - Syrah wines physical-chemical characteristics from Indaiatuba and São Bento do Sapucaí microregions, 2013 harvest (32 months after packaging) and 2014 harvest (20 months after packaging)

Variable	2013		2014	
	Indaiatuba (IND)	São Bento do Sapucaí (SBS)	Indaiatuba (IND)	São Bento do Sapucaí (SBS)
Alcohol (v/v)	13.50 b	14.0 a	13.20a	12.98b
Total acidity (g.L ⁻¹)	4.2 b	5.6 a	5.3 ns	5.5
Volatile acidity (g.L ⁻¹)* ^a	0.5ns	0.4	0.5ns	0.6
pH	3.76 ns	3.88	3.59 b	3.79a
Dry extract (g.L ⁻¹)	30.54 ns	30.74	26.02 b	28.30 a
Free SO ₂ (mg. L ⁻¹)	14.93 ns	17.6	13.33 ns	16.0
Total sugars (g.L ⁻¹)	1.2 ns	1.4	1.5 ns	1.2
Color intensity* ^b	13.93ns	13.9	13.78a	10.7b
Hue* ^c	0.953 ns	0.983	0.900 ns	1.03
IPT* ^d	56.90 ns	57.80	55.65 a	45.13b

Different letters in the same line, at the same season, indicate different means between them by the Tukey test at the level of significance of 5% (n=3).

ns = not significative

*^aVolatile acidity: g.L⁻¹ of tartaric acid.

*^bColor intensity (CI): A420nm + A520nm+A620nm * 10.

*^cHue: 420nm/A520nm.

*^dTotal poliphenols index (IPT): 280nm*50.

Table 2 - Volatile compounds identified by HS-SPME-GC-MS in the Syrah wines of the São Bento do Sapucaí and Indaiatuba micro-regions, in the 2013 and 2014 harvests

Volatile compound	Code	CAS	Aromatic descriptor ^{*a}	Wine				IR Kovalts (calculated)	IR Kovalts Literature)	Aromatic descriptor reference
				2013 harvest		2014 harvest				
				SBS	IND	SBS	IND			
Alcohol										
etanol	A1	64-17-5	Alcohol					925	928	Gurbuz, et al., 2006
1-butanol	A2	71-36-3	Medicinal, phenolic		ND			1141	1142	Condurso, et al., 2016
4-methylpentanol	A3	626-89-1	Sintetic			ND		1297	1318	Burdock, 2009
3-methylpentanol	A4	2072-39-9	Vinous, herbaceous, cacao			ND		1309	ND	Condurso, et al., 2016
1-hexanol	A5	111-27-3	Green					1337	1344	Condurso, et al., 2016
3-hexenol	A6	544-12-7	Herbaceous					1363	1362	Condurso, et al., 2016
pentamethylethanol	A7	594-83-2	Rose		ND	ND	ND	1376	ND	Burdock, 2009
1-octen-3-ol	A8	3391-86-4	Mushroom				ND	1428	1427	Escudero, et al.,2007
1-heptanol	A9	111-70-6	Grape, sweet					1434	1441	Jiang, et al., 2013
2-ethyl-hexanol	A10	104-76-7	Mushroom, sweet, fruity					1467	1465	Condurso, et al., 2016
[R,R]-2,3-butanediol	A11	4347-58-8	Butter, cream					1516	1544	Jiang et al., 2013
1-octanol	A12	111-87-5	Rose orange					1533	1530	Burdock, 2009
[S,R]-2,3-butanediol	A13	19132-06-0	Butter					1555	1548	Jiang et al., 2013
3-methylthiopropanol	A14	505-10-2	Meat soup					1678	1676	Burdock, 2009
benzylalcohol	A15	100-51-6	Sweet, fruity		ND			1830	1837	Condurso, et al., 2016
phenylethanol	A16	60-12-8	Rose, honey, spice					1863	1861	Gomez-Miguez, et al., 2007
1-decanol	A17	112-30-1	Sweetwaxy, orange	ND				1732	1735	Gurbuz, et al., 2006
3-octanol	A18	589-98-0	Rose, leather	ND	ND		ND	1375	1383	Mayr, et al., 2014
1-nonanol	A19	143-08-8	Fatty -floral					1632	1630	Gurbuz, et al., 2006
Terpenes										
trans-linalool oxide	T1	34995-77-2	Floral		ND			1440	1443	Wood, et al., 2008
cis-linalool oxide	T2	5989-33-3	Floral		ND			1411	1410	Wood, et al., 2008
linalool	T3	78-70-6	Floral, lemon					1522	1520	Mayr, et al., 2014
4-terpineol	T4	562-74-3	Floral, rose		ND		ND	1563	1569	Wood, et al., 2008
α -terpineol	T5	98-55-5	Spicy					1659	1656	Mayr, et al., 2014
limonene	T6	138-86-3	Green, citrus	ND		ND		1155	1152	Condurso, et

										al., 2016
allocimene	T7	673-84-7	Sweet, spicey, tropical herbs and bacon	ND	■	ND	■	1469	ND	Li et al., 2011
Phenol										
2,4-dihydroxyacetophenone	P1	89-84-9	Vegetative, green and nutty odor	ND	■	ND	■	1975	ND	Burdock, 2009
methyl salicylate	P2	119-36-8	Witergreen, mint	■	ND	■	■	1713	1727	Concurso, et al., 2016
Esther										
ethyl acetate	E1	141-78-6	Pineapple	■	■	■	■	897	898	Villamorand Ross, 2013
ethyl butanoate	E2	105-54-4	Apple	■	■	■	■	983	1010	
isoamyl acetate	E3	123-92-2	Banana	■	ND	■	■	1096	1101	
ethyl hexanoate	E4	123-66-0	Fruity, strawbeery	■	■	■	■	1227	1231	Villamorand Ross, 2013
hexyl acetate	E5	142-92-7	Redberry		ND			1247	1268	Mayr, et al., 2014
phenacylidene diacetate	E6	6062-30-6	Fresh, blackberry aroma	■	■	ND	■	1269	ND	Falcao et al., 2012
ethyl heptanoate	E7	106-30-9	Apple, pineapple and brandy	■	■	■	■	1303	1315	Burdock, 2009
ethyl 2-hydroxypropanoate	E8	97-64-3	Fruity, Buttery, Butterscotch, rum	■	■	■	■	1321	1323	Xiao et al., 2014
methyl octanoate	E9	111-11-5	Intense citrus		ND	ND		1359	1352	Burdock, 2009
ethyl octanoate	E10	106-32-1	Melon, wood	■	■	■	■	1404	1412	Mayr, et al., 2014
ethyl 3-hydroxybutanoate	E11	5405-41-4	Fruity green grape tropical appleskin	■	■	ND	ND	1486	1484	Burdock, 2009
ethyl nonanoate	E12	123-29-5	Floral	■	■	■	■	1500	1503	Burdock, 2009
ethyl 2-hydroxy-4-methyl pentanoate	E13	10348-47-7	Fresh black berry	■	■	■	■	1511	1515	Falcao et al., 2012
3-methoxy-3-methylbutyl acetate	E14	103429-90-9	IR	■	■	■	■	1537	ND	
ethyl decanoate	E15	110-38-3	Grape, smoky	■	■	■	■	1600	1610	Villamorand Ross, 2013
methyl-butyl octanoate	E16	2035-99-6		■	■	■	■	1620	1640	
diethyl succinate	E17	123-25-1	Pleasant aroma	■	■	■	■	1645	1655	Burdock, 2009
ethyl 4-decenoate	E18	7367-84-2	Strong fruit	■	■	■	■	1683	1699	Maarse, 1991
cytronellyl formate	E19	105-85-1	Rose	■	■	■	■	1654	1644	Burdock, 2009
butylethyl succinate	E20	1000324-85-1	IR	■	ND	ND	■	1755	ND	
2-phenylethyl acetate	E21	103-45-7	Rose, honey and tobacco	■	■	■	■	1764	1771	Burdock, 2009
ethyl 3-methylbutyl succinate	E22	28024-16-0	IR	■	■	■	■	1860	ND	
ethyl 2-methylbutanoate	E23	7452-79-1	Fruity, kiwi	ND	■	ND	■	1024	1031	Concurso, et al., 2016
ethyl 3-methylbutanoate	E24	108-64-5	Fruity, apple	ND	■	ND	■	1041	1053	Concurso, et al., 2016
(E)-3-hexenyl butenoate	E25	1552-67-6	IR	ND	ND	ND	■	1313	1328	

3-methyl butanoate	E26	123-51-3	Whiskey	ND	ND	—	ND	1194	1208	Burdock, 2009
ethyl 4-octenoate	E27	34495-71-1	Yellow fruits	ND	ND	ND	—	1454	ND	Burdock, 2009
ethyl 2-hexenoate	E28	1552-67-6	Fruity, strawberry	ND	—	ND	—	1334	1328	Vilanova, et al., 2013
Acids										
acetic acid	AC1	64-19-7	Vinager	—	—	—	—	1423	1428	Escudero, et al., 2007
hexanoic acid	AC2	142-62-1	Cheese	—	—	—	—	1808	1797	Villamorand Ross, 2013
octanoic acid	AC3	124-07-2	Rancid	—	—	—	—	2017	2014	Villamorand Ross, 2013
imidazole-4-acetic acid	AC4	645-65-8	IR	ND	—	ND	ND	1262	ND	
Other compounds										
2-methyl-tetrazole	O1	16681-78-0	IR	—	—	—	—	1197	ND	
propionic anhydride	O2	123-62-6	Rancid	—	—	—	—	1198	ND	Burdock, 2009
butanenitrile	O3	109-74-0	Stiflinga aroma	ND	—	ND	—	1090	1100	Burdock, 2009
methyl vinyl ketone	O4	78-94-4	Pungent aroma	—	—	ND	—	1200	ND	Burdock, 2009
furfural	O5	98-01-1	Earthy, wood	—	—	—	ND	1427	1432	Mayr, et al., 2014
benzaldehyde	O6	100-52-7	Bitter almond	—	ND	ND	ND	1474	1482	Burdock, 2009
butyrolactone	O7	96-48-0	Light butter aroma	—	—	—	—	1572	1592	Burdock, 2009
5-hydroxy-7-methoxy-2-methyl-3-phenyl-4-chromenone	O8	55927-39-4	IR	—	—	ND	—	1581	ND	
1-methyl-3-acetyllindole	O9	9012-02-3	IR	—	ND	—	ND	1826	ND	
3-ethoxypropanol	O10	111-35-3	IR	ND	ND	—	ND	1355	1359	
acetoin	O11	513-86-0	Sour yogurt, sour milk	ND	ND	ND	—	1263	1263	Burdock, 2009
5,7-dimethyl-undecane	O12	17312-83-3	IR	—	ND	ND	ND	1055	ND	
Norisoprenoids										
β -ionone	N1	79-77-6	Violet, raspberry, flower	—	—	—	—	1913	1917	Zangh, et al., 2016

*^a aromatic descriptor found on literature

*^b source: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound> and <https://webbook.nist.gov/chemistry/cas-ser/>

IR = descritpor not found on literature

ND = não described.

Figure 1 - Flowchart of conventional pruning in South America and double pruning in the São Bento do Sapucaí and Indaiatuba regions

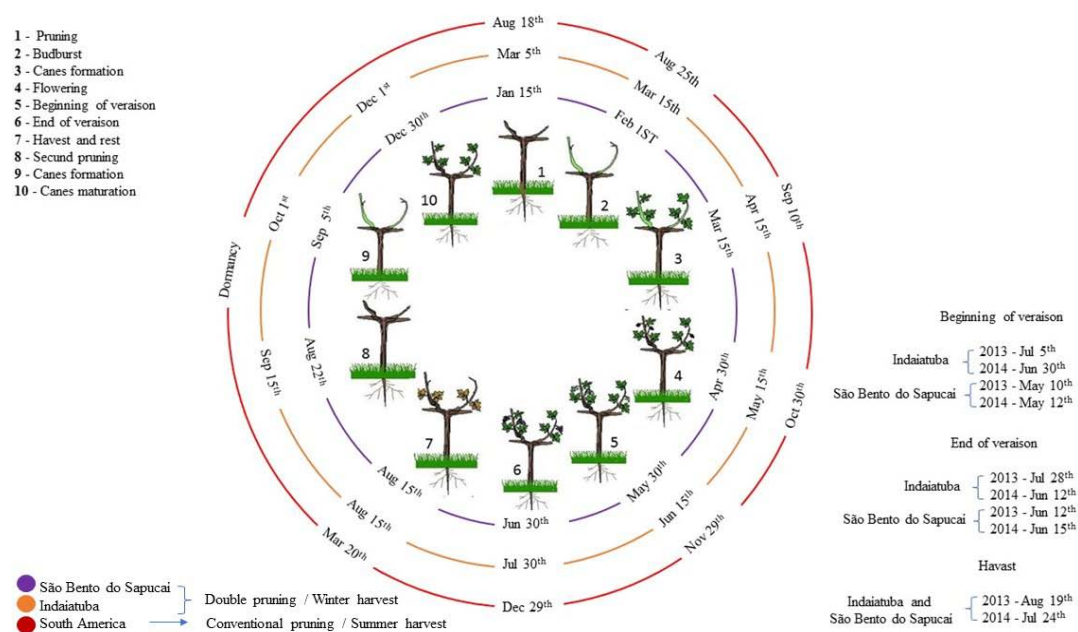


Figure 2 – Principal component analysis (PCA) for Syrah wines from São Bento do Sapucaí (SBS) and Indaiatuba (IND) microregions in 2013 and 2014 vintages. The wine was made in triplicate and the numbers 1, 2 and 3 at the end of each name correspond to the replicates.

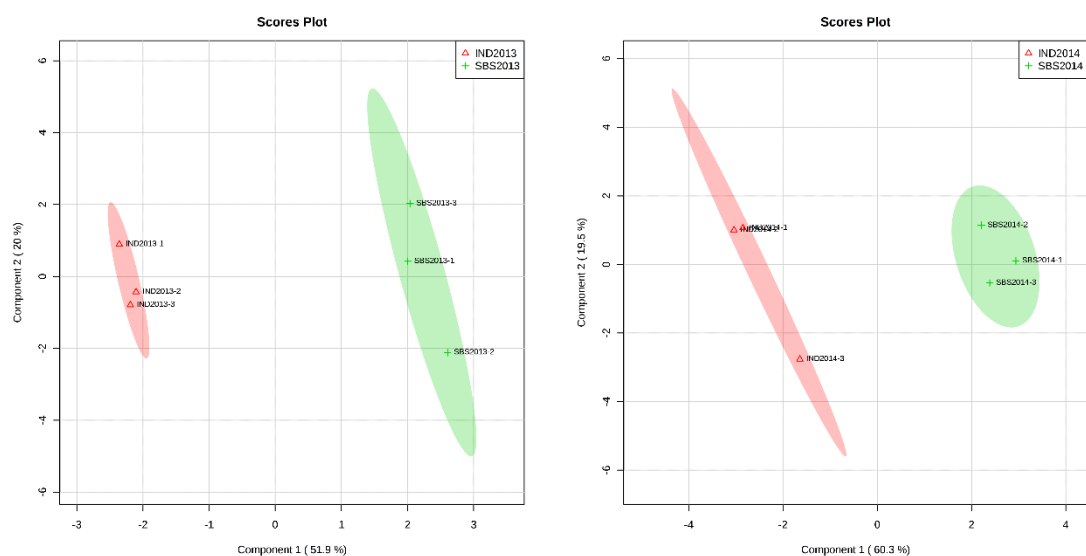


Figure 3 – Heatmap analysis of Syrah wine projection for São Bento do Sapucaí (SBS) and Indaiatuba (IND) regions in 2013 and 2014 vintages. Codes indicated on the side refer to compounds identified by HS-SPME-GC- MS (check Table 2)

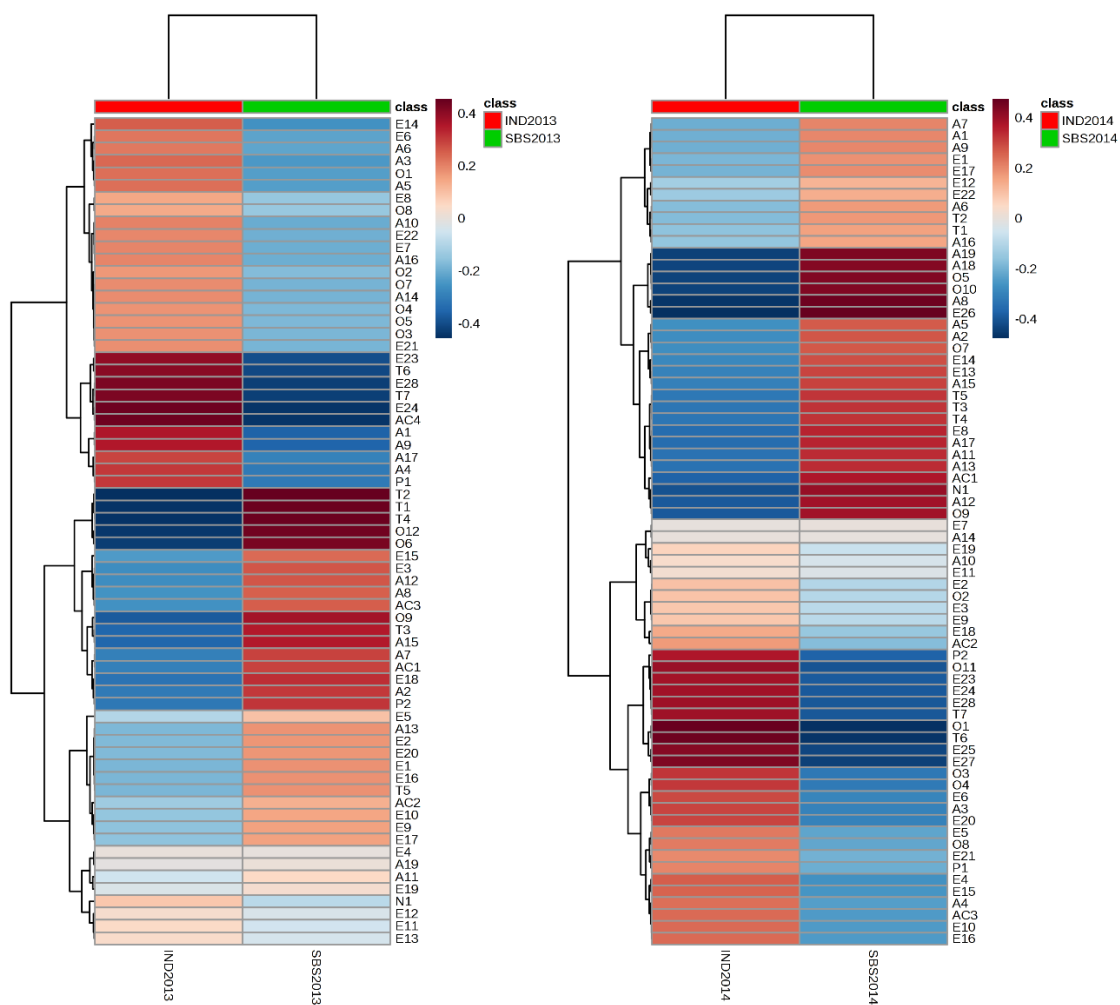


Figure 4 – Olfactory (A and B) and gustatory and visual analysis (C and D) of Syrah wines from São Bento de Sapucaí (SBS) and Indaiatuba (IND) regions, separated by 2013 and 2014 vintages

