

BETINA PEREIRA DE BEM

**RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE VIDEIRA DO GRUPO PIWI AO MÍLDIO
(*Plasmopara viticola*) E SEUS EFEITOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E POTENCIAL ENOLÓGICO NAS REGIÕES DE ALTITUDE
DE SANTA CATARINA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal

Orientador: Professor Dr. Amauri Bogo

Co-orientador: Professor Dr. Alberto Fontanella Brighenti

LAGES, SC

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

de Bem, Betina

Resposta de variedades de videira do grupo Piwi ao mildio
(Plasmopara viticola) e seus efeitos sobre as características
agronômicas e potencial enológico nas regiões de altitude de Santa
Catarina / Betina de Bem. -- 2019.

133 p.

Orientador: Amauri Bogo

Coorientador: Alberto Fontanella Brighenti

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação ,
Lages, 2019.

1. Vitivinicultura. 2. Doenças da videira. 3. Resistência. 4.
Altitude elevada. I. Bogo, Amauri. II. Fontanella Brighenti, Alberto .
III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação . IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me dado força e me permitido chegar até aqui.

À meus pais Carlos Alberto de Bem e Mariângela Pereira de Bem, por serem sempre meu porto seguro, pelos valores repassados, pelos conselhos transmitidos e pelo amor incondicional. À meus irmãos e cunhados, Breno e Ana, Bruna e Thiago, pelos momentos de descontração e por nunca negarem esforços para me ajudar. Aos meus sobrinhos Alícia, Benjamin e Bernardo por tornarem meus dias mais alegres e minha caminhada mais leve, através do amor verdadeiro de criança. À minha Avó Zenir, por toda sabedoria e conselhos tranquilizadores e por todo o cuidado. Obrigada Família!

À minhas amigas de toda vida Débora, Janaína, Luiza, Gabriela e Camylla agradeço pelo privilégio de tê-las sempre ao meu lado.

Aos meus grandes mestres que me introduziram no caminho da Viticultura e Enologia Prof. Aparecido Lima da Silva e Alberto Brighenti. Beto, obrigada pelos ensinamentos, pela parceria de trabalho, por estar disposto a me ajudar sempre, pela confiança e amizade.

Ao meu orientador Prof. Amauri Bogo, pelos valiosos ensinamentos e por me mostrar o caminho da pesquisa, obrigada pela amizade e respeito construídos nestes seis anos de trabalho.

Ao prof. Léo Rufato, por estar sempre presente, por valorizar o trabalho e também pelos momentos de amizade. Aos demais professores que enriqueceram meu saber transmitindo seus conhecimentos, em especial a prof^a. Aike Kretzschmar e prof. Fábio Nascimento da Silva.

Ao grupo da "cantina" da viticultura, sem vocês este trabalho não seria possível. Obrigada por fazerem cada dia de trabalho mais divertido e compensatório. Em especial ao amigos Bruno Bonin, Douglas Wrüz, Ricardo Allebrandt e José Luiz Marcon. A todo grupo da Fruticultura CAV/UDESC, pelo apoio, em especial aos amigos Antônio Fagherazzi, Samila Camargo, Mayra Juline e Tiago Macedo.

A Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) e seus servidores. À CAPES e FAPESC pela concessão de bolsa de estudos.

A empresa EPAGRI - Estação Experimental de São Joaquim, por ceder seus vinhedos e estrutura para realização deste trabalho. Aos pesquisadores Emílio Brighenti, André Kulkamp de Souza, Vinícius Caliar, Emílio Della Bruna, Leonardo Araújo e Felipe Ferreira Pinto, obrigada pelo auxílio nesse processo e compartilhamento de informações.

Aos colegas do Instituto Federal de Santa Catarina - Câmpus Lages e Câmpus Urupema, pelo convívio nestes últimos anos de trabalho, pela oportunidade de aplicar o conhecimento adquirido, por dividirem os momentos da profissão de professor e pelas parcerias formadas.

La Fondazione Edmund Mach per il supporto e l'accoglienza durante il dottorato parziale. Soprattutto il mio orientatore Dt. Marco Stefanini, per tutta l'amicizia costruita durante i sette mesi in Trentino. Anche ai colleghi Duilio, Stéfano, Cinzia, Silvano e Veronica. Grazie a tutti!

Agradeço à Deus, por guiar sempre meu caminho e pelas conquistas da minha vida.

Muito Obrigada!

DE BEM, Betina Pereira. Resposta de variedades de videira do grupo Piwi ao míldio (*Plasmopara viticola*) e seus efeitos sobre as características agronômicas e potencial enológico nas regiões de altitude de Santa Catarina. Tese de Doutorado. (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

RESUMO

As regiões de altitude do Estado de Santa Catarina têm se mostrado favoráveis à elaboração de vinhos finos, despertando o interesse de empreendedores da atividade nos últimos 15 anos. Entretanto, ainda são necessárias informações técnicas adequadas para a microrregião, que apresenta *terroir* com características ambientais específicas, com condições favoráveis a ocorrência de importantes doenças como o míldio. Esta doença leva ao uso excessivo de agrotóxicos, além de causar perdas que, em anos favoráveis, pode chegar a 100%. Diante deste cenário, o uso de variedades resistentes (PIWI) é uma ferramenta genética que se torna uma opção no controle do míldio, diminuindo consequentemente o custo de produção e favorecendo o desenvolvimento da vitivinicultura nas regiões de altitude de Santa Catarina. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica temporal do míldio da videira e o potencial enológico, produtivo e perfis aromáticos dos vinhos em diferentes variedades PIWI nas condições edafoclimáticas de São Joaquim-SC, durante as safras de 2016/17, 2017/18 e 2018/19. Conjuntamente, foi avaliado a dinâmica temporal das mesmas variedades a *Plasmopara viticola* nas condições climáticas de San Michele All'Adige, Trento- Itália, na safra 2017. Os experimentos foram realizados em vinhedos e laboratórios da Epagri - Estação Experimental de São Joaquim -SC, UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina - Lages - SC e Fondazione Edmund Mach - Itália. As variedades foram avaliadas quanto a incidência e a severidade do míldio sob condições ambientais controladas e à campo. As avaliações de incidência e severidade do míldio a campo foram realizadas a cada 15 dias a partir do surgimento dos primeiros sintomas até a colheita e as epidemias foram comparadas em relação a: a) início do aparecimento dos sintomas (IAS); b) tempo para atingir a máxima incidência e severidade da doença (TAMID e TAMSD); c) valor máximo de incidência e severidade ($I_{\max}$ e $S_{\max}$); d) área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Em condições controladas, as variedades foram ainda avaliadas pela metodologia de discos foliares com inoculação artificial e correlação com a densidade estomática. O potencial enológico foi determinado no momento da colheita através de parâmetros químicos da maturação tecnológica. O desempenho agrônômico foi determinado através da produtividade (Kg.planta^{-1}). Foi realizada a microvinificação de cada variedade para realização do perfil aromático. As variedades PIWI mostraram menor intensidade do míldio em relação a variedades viníferas tradicionais em todas as safras avaliadas, mostrando redução significativa da doença tanto em condições controladas como à campo. As variedades PIWI Solaris e Cabernet Cortis, que apresentaram uma maior suscetibilidade a doença tanto à

campo como em condições controladas, mostraram uma correlação positiva com a densidade estomática. As variedades PIWI também apresentaram índices enológicos e produtivos dentro da faixa indicada para elaboração de vinhos finos. No vinhedo experimental na região Trentina da Itália da mesma forma que ocorreu no Brasil, houve correlação positiva de suscetibilidade/densidade estomática. As variedades PIWI se mostraram eficientes na redução da intensidade do míldio e no potencial enológico, viabilizando uma viticultura sustentável e viável economicamente nas regiões de altitude de Santa Catarina.

Palavras-chave: Vitivinicultura, doenças da videira, resistência, altitude elevada

DE BEM, Betina Pereira. Response of Piwi grapevine varieties to downy mildew (*Plasmopara viticola*) and the effects on agronomic characteristics and oenological potential in altitude regions of Santa Catarina State. Thesis (Doctorate in Plant Production) – Santa Catarina State University. Post-graduate Program in Plant Production, Lages, 2019.

ABSTRACT

The high altitude regions of Santa Catarina state have been favorable to the elaboration of fine wines, attracting the interest of entrepreneurs of the activity in the last 15 years. However, adequate technical information is still needed for the microregion, which presents a *terroir* with specific environmental characteristics, with favorable conditions for the occurrence of important diseases such as downy mildew. This disease leads to the excessive use of agrochemicals, in addition to causing losses that, in favorable years, can reach 100%. In view of this scenario, the use of resistant varieties (PIWI) is a genetic tool that becomes an option in the control of downy mildew, consequently decreasing the cost of production and favoring the development of vitiviniculture in the regions of Santa Catarina. The objective of this work was to evaluate the temporal dynamics of grapevine downy mildew and the oenological, productive and aromatic potential of wines in different PIWI varieties in São Joaquim-SC edaphic climatic conditions during the 2016/17, 2017/18 and 2018/19 seasons. The temporal dynamics of *P. viticola* were evaluated also in the climatic conditions of San Michele All'Adige, Trento-Italy, in the 2017 season. The experiments were carried out in vineyards and laboratories of Epagri - São Joaquim Experimental Station -SC, UDESC - Santa Catarina State University - Lages and Fondazione Edmund Mach - Italy. Varieties were evaluated for incidence and severity of *P. viticola* under controlled and field environmental conditions. Assessments of downy mildew incidence and severity were performed every 15 days from the onset of the first symptoms to the end of vegetative cycle and the epidemics were compared in relation to: a) beginning of symptoms appearance (BSA); b) maximum disease incidence and severity (I_{max} , S_{max}); c) time to reach maximum disease incidence/severity (TRMDI and TRMDS); and d) area under incidence and severity disease progress curve (AUIDPC and AUSDPC). Under controlled conditions, the varieties were further evaluated by foliar discs methodology with artificial inoculation and correlation with stomatal density. The enological potential was determined at the time of harvesting through chemical parameters of technological maturation. The agronomic performance was determined through productivity ($kg \cdot plant^{-1}$). The microvinification of each variety was carried out to achieve the aromatic profile. The PIWI varieties showed lower downy mildew intensity compared to traditional grape varieties in all evaluated crops, showing a significant reduction of the disease in both controlled and field conditions. The PIWI Solaris and Cabernet Cortis varieties, which showed a higher susceptibility to the disease both in the field and under controlled conditions, showed a positive correlation with the stomatal density. The PIWI varieties also showed oenological and productive indexes within the indicated range for elaboration of fine wines. In the experimental vineyard in the Trentino region of Italy, the same as occurred in Brazil, there was a positive correlation of susceptibility/stomatal density. PIWI varieties were efficient in reducing mildew intensity and oenological potential, making a economically viable viticulture in the high regions of Santa Catarina State.

Key words: Vitiviniculture, vine diseases, resistance, high altitude

7 REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G.N. How pathogens attack plants. In: AGRIOS, G.N. (Ed.). **Plant pathology**. 5.ed. New York: Academia. p.175- 205. 2005.
- AMORIM, L.; KUNIYUKI, H. Doenças da videira. In: KIMATI, H. et al. **Manual de Fitopatologia: Volume 2. Doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo, Agronômica Ceres, p.639-651. 2005.
- ARAUJO, L.; PASCHOALINO, R.S.; RODRIGUES, F.A. Microscopic aspects of Silicon-mediated rice resistance to Leaf Scald. **Biochemistry and Cell Biology**. Vol 106.n 2, 2016.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; 361 SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**. 362 Zeitschrift, v. 22, n.6, p.711–728, 2013.
- AVENARD, J.C.; BERNOS, L.; GRAND, O.; SAMIR, B. **Manuel de Production Intégrée en Viticulture**. Éditions Féret. pp. 222. 2003.
- BASLER, P.; PFENNINGER, H. Disease-resistant cultivars as a solution for organic viticulture. **ISHS Acta Horticulturae**. 603, 681–685.2003.
- BEDENDO, I. P.; AMORIM, L. Ambiente e doença, In: BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J.A.M.; AMORIM L. (Ed) **Manual de fitopatologia. Volume 1: Princípios e Conceitos**. São Paulo: Ceres. Cap. 7, p. 133-147. 2011.
- BELLIN, D.; PERESSOTTI, E.; MERDINOGLU, D.; WIEDEMANN-MERDINOGLU, S.; ADAM-BLONDON, A. F.; CIPRIANI, G.; MORGANTE, M.; TESTOLIN, R.; DI GASPERO, G. Resistance to Plasmopara viticola in grapevine 'Bianca' is controlled by a major dominant gene causing localised necrosis at the infection site. **Theoretical and Applied Genetics**, 120, 163–176. 2009.
- BLAICH, R.; BACHMANN, O. Die Resveratrolsynthese bei Vitaceen. Induktion und zytologische Beobachtungen. **Vitis**, 19, 230–24, 1980.
- BRANDÃO, L. da S.; SILVA, M. C.; SANTOS, A. R. L. dos; COSTA, B. R. S.; BASSOI, L. H. Relação entre a densidade estomática das cultivares de videiras Syrah e Paulsen 1103 sob restrição hídrica. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO, 6., 2011, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.
- BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo sistema CCM geovitícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 2004, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos**. Florianópolis: SBF, 4p. (CD-ROM). 2004.
- BRIGHENTI, A.F. et al. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.43, n.7, p.1162-1167. 2013.

BRIGHENTI, A.F. et al. Desempenho vitícola de variedades autóctones italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 49:465-474. 2014.

BOULTON, R.B.; SINGLETON, V.L.; BISSON, L.F.; KUNKEE, R.E. **Principles and practices of winemaking**. Acribia, Zaragoza, Espanha.2002.

BOUBALS D., Contribution a l'étude des causes de la résistance des vitacées au mildew de la vigne (*Plasmopara viticola*) et de leur mode de transmission héréditaire.Thèse de doctorat Université de Montpellier. **Annales de l'amélioration des plantes I**, 5–233. Phytopathologia Mediterranea. 1959.

BORGHEZAN, M., et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.398-405. 2011.

BORGHEZAN, M., et al. Phenology and Vegetative Growth in a New Production Region of Grapevines: Case Study in São Joaquim, Santa Catarina, Southern Brazil. **Open Journal of Ecology**, 4, 321-335. 2014.

BOSO, S.; ALONSO-VILLAYERDE, V.; GAGO, P., SANTIAGO, J. L.; MARTÍNEZ, M. C. Susceptibility of 44 grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties to downy mildew in the field. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 17, 394–400. 2011.

BOSO, S.; ALONSO-VILLAYERDE, V.; GAGO, P.L.; SANTIAGO, J. L.; MARTÍNEZ, M. C. Susceptibility to downy mildew (*Plasmopara viticola*) of different *Vitis* varieties. **Crop Protection**, 63, 26–35.2014.

BOSO, S., et al. Density and size of stomata in the leaves of different hybrids (*Vitis* sp. and *Vitis vinifera* varieties. *Vitis* 55, 17-22. 2016.

BROWN, M. V., et al. Comparison of leaf disks, greenhouse, and field screening procedures for evaluation of grape seedlings for downy mildew resistance. **Hort science**, 34, 331–339.1999.

BUFFARA, C.R.C. ; ANGELOTTI, F. ; VIEIRA, F.A. ; BOGO, A. ; TESSMANN, D.J. ; DE BEM, B.P. . Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. **Ciência Rural** (UFSM. Impresso), 2014.

BURGER, P.; BOUQUET, A.; STRIEM, M.J. **Grape breeding**. In: **Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species**.(Mohan J.S., Priyadarhan P.M., ed.). Springer Verlag Berlin, Germany, 161–189. 2009.

BUTTERY, R. G.; ORTS, G. W. J.; TAKEOKA, G. R.; NAM, Y. Volatile Flavor Components of Rice Cakes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47, 4353–4356.1999.

CADLE-DAVIDSON L. Variation within and between *Vitis* spp. for foliar resistance to the downy mildew pathogen *Plasmopara viticola*. **Plant Dis** 92:1577–1584. 2008.

CALÒ, A.; SCIENZA, A.; COSTACURTA, A. **Vitigni d'Italia**. Edagricole, Bologna, Italia, 2006.

CALIARI, V. Uva e Vinho. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2013-2014. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/Sintese_2014.pdf. Acesso em: 10 mar. 2016.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: Wiley, p. 560. 1990.

CASSON, S.; GRAY, J. E. Influence of environmental factors on stomatal development. **New Phytol.** 178, 9-23. 2008.

CHAVARRIA, G. SANTOS, H.P. dos. Cultivo protegido de videira: manejo fitossanitário, qualidade enológica e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.35 no.3 Jaboticabal. 2013.

CINDRIC, P.; KORAC, N.; KOVAC, V. Grape breeding for resistance. **ISHS Acta Horticulturae**, 603, 385–391. 2003.

COLLECTIVE. Viticulture Biologique Presented at the Journées Techniques, Drôme, France, November 26–27 2008. Disponível em: <http://www.itab.asso.fr/downloads/actes%20suite/actes-viti-2008-web.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2015.

CULLERE, L., ESCUDERO, A., CACHO, J., & FERREIRA, V. Gas Chromatography–Olfactometry and Chemical Quantitative Study of the Aroma of Six Premium Quality Spanish Aged Red Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52, 1653-1660. 2004.

DE BEM, B. P.; BOGO, A.; EVERHART, S.; CASA, R.T.; GONÇALVES, M.J.; MARCON FILHO, J.L.; CUNHA, I.C. Effect of Y-trellis and vertical shoot positioning training systems on downy mildew and botrytis bunch rot of grape in highlands of southern Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 185, p. 162-166, 2015.

DE BEM, B.P. et al. Effect of four training systems on the temporal dynamics of downy mildew in two grapevine cultivars in southern Brazil. **Trop. plant pathol.** DOI 10.1007/s40858-016-0110-8. 2016.

DEGLÈNE-BENBRAHIM, L.; WIEDEMANN-MERDINOGLU, S.; MERDINOGLU, D.; WALTER, B. Evaluation of downy mildew resistance in grapevine by leaf discs bioassay with in vitro-and greenhouse-grown plants. **American Journal of Enology and Viticulture**, 61, 521–528. 2010.

DELOIRE, A.; VAUDOUR, E.; CAREY, V.; BONNARDOT, V.; VAN, L. C. Grapevine responses to terroir: a global approach. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 39, p. 149-162, 2005.

DIEZ-NAVAJAS, A.M.; et al. Non host versus host resistance to the grapevine downy mildew, *Plasmopara viticola*, studied at the tissue level. **Phytopathology** 98:776–780.2008.

EMBRAPA. Embrapa Uva e Vinho, Sistema de Produção: Uvas viníferas para processamento em regiões de Clima Temperado, 2012. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/tabclima.htm>> Acesso em: 20 jun. 2014.

EPAGRI/Ciram. Zoneamento Agrícola Videira Européia -2007/2008.Disponível em:
<http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/porta/agricultura/zoneAgricola/Videira_Europeia.pdf> Acesso em: 10 jun. 2014.

ESCUADERO, A. et al. Analytical Characterization of the Aroma of Five Premium Red Wines. Insights into the Role of Odor Families and the Concept of Fruitiness of Wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 55. n. 11. P. 4501–4510, 2007.

EVERSMeyer, M.G.; BURLEIGH, J.R. A Method of predicting epidemic development of wheat leaf rust. **Phytopathology**, v. 60, p. 805-811, 1970.

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.

FAN, W.; XU, Y.; JIANG, W.; LI, J. Identification and Quantification of Impact Aroma Compounds in 4 Nonfloral *Vitis vinifera* Varieties Grapes. **Journal of Food Science**, 75, 81-88. 2010.

FELIPPE TO, J.; ALLEBRANDT, R. Parâmetros de maturação das variedades Cabernet Sauvignon e Merlot produzidas na mesorregião de São Joaquim -SC. **Jornal da Fruta**, n. 281, 2014.

GALET, P. **Précis de Pathologie Viticole**. 2ème édition. Imprimerie JF Impression, Montpellier. 1995.

GARRIDO, J.; BORGES, F. Wine and grape polyphenols - a chemical perspective. **Food Res. Int.** 54, 1844. 2013.

GARRIDO, L.R.; SÔNEGO, O.R.; VALDEBENITO-SANCHUEZA, R.M. Controle racional de doenças da videira e da macieira. In: STADNIK, M.J; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis: CCA/UFSC, p.221-244. 2004.

GESSELER, et al. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. **Phytopathol. Mediterr.** V. 50, 3–44. 2011.

GHASTE, M.; NARDUZZI, L.; CARLIN, S.; VRHOVSEK, U.; SHULAEV, V.; MATTIVI, F.; Chemical composition of volatile aroma metabolites and their glycosylated precursors that can uniquely differentiate individual grape cultivars. **Food Chemistry**, v.88, 309-319. 2015.

GINDRO, K.; PEZET, R.; VIRET, O. Histological study of the responses of two *Vitis vinifera* cultivars (resistant and susceptible) to *Plasmopara viticola* infections. **Plant Physiology and Biochemistry**, 41. 2003.

GRIS, E.F. et al. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. **Cienc. Inv. Agr.** v.37 n.2 Santiago, 2011.

GÓMES-DEL-CAMPO, M., RUIZ, C., BAEZA, P.; LISSARRAGUE, J.R. Drought adaptation strategies of four grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.): modification of the properties of the leaf area. **Journal Internacional des Sciences de la Vigne et du Vin**, 37, 131-143. 2003.

GUEDES DE PINHO, P.; BERTRAND, A. Analytical determination of furaneol (2,5-dimethyl-1,4-hydroxy-3(2H)-furanone). Application to differentiation of white wines from hybrid and various *Vitis vinifera* cultivars. **American Journal of Enology and Viticulture**, 46, 181–186. 1995.

HOWELL, G.S. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: a review. **Am. J. Enol. Vitic.** 52, 165–174. 2001.

HUNTER, J.J.; ARCHER, E. Long-term cultivation strategies to improve grape quality. Paper presented at: VIII Congreso Latino Americano de Viticultura y Enología (Montevideo, Uruguay). 2001.

INGRAM, D. S. Physiology and biochemistry of host-parasite interaction. In D. M. Spencer (Ed.), **The Downy mildews**. p. 143–163, London: Academic Press. 1981.

JIN, Z.M.; HE, J.J.; BI, H. Q.; CUI, X. Y., DUAN, C. Q. Phenolic compound profiles in berry skins from nine red wine grape cultivars in northwest. China. **Molecules**, v14, p.4922. 2009.

KELLER, M. **The science of grapevines: anatomy and physiology**. Londres. 400 p. 2010.

KEMP, M. S.; BURDEN, R. S. Phytoalexins and stress metabolites in the sapwood of trees. **Phytochemistry**, 25, 1261–1269. 1986.

KUMMUANG, N., DIEHK, S. V., SMITH, B. J., GRANGS JUNIOR, C. H. Muscadine grape berry rot diseases in Mississippi: disease epidemiology and crop reduction. **Plant Disease**, v. 80, n. 3, p. 244-247, 1996.

LACEY, M.J. et al. Methoxypyrazines in Sauvignon blanc grapes and wines. **Am. J. Enol. Vitic.** 42, 103-108, 1991.

LALANCETTE, N.; ELLIS, M.A.; MADDEN, L.V. Development of an infection efficiency model for *Plasmopara viticola* on american grape based on temperature and duration of leaf wetness. **Phytopathology**, St. Paul, v.78, p.794-800, 1988.

LAKE, J. A.; QUICK, W. P.; BEERLING, D. J.; WOODWARD, F. I. Plant development. Signals from mature to new leaves. **Nature**, 411, 154. 2001.

LI, H.; TAO, Y.S.; WANG, H.; ZHANG, L. Impact odorants of Chardonnay dry white wine from Changli County (China). **European Food Research and Technology**, 227, 287-292. 2008.

LOSSO, F.B.; PEREIRA, R.M.F.A. O turismo e a Produção de vinhos finos em São Joaquim (SC): notas preliminares. Disponível em: <http://www.ucs.br/ucs/tplVSEminTur%20eventos/seminarios_semintur/semin_tur_6/gt13/arquivos/13/O%20Turismo%20e%20a%20Producao%20de%20Vinhos%20Finos%20na%20Regiao%20de%20Sao%20Joaquim.pdf>. Acessado em: 10 jul. 2014.

LU, J.; ZHANG, Y.; WANG, J. Genetic variation and mechanism of host resistance to Downy Mildew disease among oriental *Vitis* species. In: **Proc. 6th Int. Workshop of Grapevine Downy and Powdery Mildew**. Bordeaux, France, 4-9 July 2010. Ed. INRA Bordeaux-Aquitaine, UMR 1065 Santé Végétale INRA-ENITA. 2010.

MADDEN, E. M., R. K. MURPHY, A. J. HANSEN, AND L. MURRAY. Models for guiding management of prairie bird habitat in Northwestern North Dakota. **American Midland Naturalist**. 144:377-392. 2000.

MAKHOTKINA, O. et al. Influence of sulfur dioxide additions at harvest on polyphenols, C6-compounds and varietal thiols in Sauvignon blanc. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 64, n. 2, p. 203-213, 2013.

MALINOVSKI, L. I. et al. Highlands of Santa Catarina/Brazil: a region with high potential for wine production. **Acta Hort**. 931. 2012.

MALINOVSKI, L.I.; BRIGHENTI, A.F.; BORGHEZAN, M.; GUERRA, M.P.; SILVA, A.L.; PORRO, D.; STEFANINI, M.; VIEIRA, H.J. Viticultural performance of Italian grapevines in high altitude regions of Santa Catarina State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1115, p. 203-210, 2016.

MALINOVSKI, L. I. et al. Effect of crop load per leaf area ratio on the quality of ‘Merlot’ and ‘Syrah’ grown in high altitude in Santa Catarina, Brazil. **Acta Horticulturae**, 1157, p. 393-398. 2017.

MARCON FILHO, J.L. Sistemas de condução na produção de uvas viníferas e composição química e aromática de vinhos da região de altitude de Santa Catarina. 2016. **Tese (Doutorado em Produção Vegetal)** – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 201 p. 2016.

MARGUERIT, E.; et al. Genetic dissection of sex determinism, inflorescence morphology and downy mildew resistance in grapevine. **Theor Appl Genet** 118:1261–1278. 2009.

MARTINEZ-ZAPATER J.M., et al. Grapevine genetics after the genome sequence: Challenges and limitations. **Australian Journal of Grape and Wine Research** 16, 33–46. 2009.

MEISEL L.; URBINA, D.; PINTO, M. Fotorreceptores y respuestas de plantas a señales lumínicas (online). In: F. Squeo, L. Cardemil, (Eds): **Fisiología vegetal**. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile 18, 1-10. 2011.

MIELE, A., RIZZON, L.A.; ZANUS, M.C. Discrimination of Brazilian Red Wines According to the Viticultural Region, Varietal, and Winery Origin. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 30, 268-275. 2010.

MORANDELL, W. **Vitigni Resistenti - Lieselehof**. Caldaro, Bolzano - Itália. 247p. 2014.

MUGANU, M.; PAOLOCCI, M. Adaptation of Local Grapevine Germplasm: Exploitation of Natural Defence Mechanisms to Biotic Stresses. In: The Mediterranean Genetic Code - Grapevine and Olive. 2013. Disponível em: < <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/38869.pdf> > Acesso em: 20 de jun. 2014.

NAVES, R. L.; et al. Antracnose da videira: Sintomatologia, epidemiologia e controle. **Circular técnica**, 69, EMBRAPA, Bento Gonçalves, 8p. 2006.

NILE, S.H.; PARK, S. W. Edible berries: bioactive components and their effect on human health. **Nutrition**, v. 30, p.134. 2014.

OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV). **Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts**. Paris, 368p. 2009.

PACIFICO, D.; GAIOTTI, F.; GIUSTI, M.; TOMASI, D. Performance of interspecific grapevine varieties in north – east Italy. **Agricultural Sciences**, 4, 91–101. 2013.

PALLIOTTI, A.; CARTECHINI, A.; FERRANTI, F. Morpho-anatomical and physiological characteristics of primary and lateral shoot leaves of Cabernet Franc and Trebbiano Toscano grapevines under two irradiance regimes. **Am. J. Enol.Vitic.** 51, 122-130. 2000.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L., MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 4, 439-473. 2007

PEINADO, R.A.; MORENO, J.A.; MUÑOZ, D.; MEDINA, M.; MORENO, J. Gas chromatographic quantification of major volatile compounds and polyols in wine by direct injection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52, 6389-6393. 2004.

PERESSOTTI E., S., et al. Breakdown of resistance to grapevine downy mildew upon limited deployment of a resistant variety. **Bmc Plant Biology** 10, 147. 2010.

PFENNINGER, H.; BASLER, P. **Disease-Resistant Cultivars as a Solution for Organic Viticulture.** *Acta Hort* 603, ISHS. 2003.

PINEAU, B. et al. Which Impact for β -Damascenone on Red Wines Aroma. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** v. 55, n. 10, p. 4103–4108, 2007.

POOL, R. M.; CREASY, L. L.; FRACKELTON, A. S. Resveratrol and the viniferins, their application to screening for disease resistance in grape breeding programs. **Vitis**, 20, 136–145. 1981.

PSZCZOLKOWSKI, P.; LECCO, C. C. de; **Manual de vinificación:** Guía práctica para la elaboración de vinos. Universidade Catolica do Chile: Santiago, 2011.

QIAN, M.; WANG, Y. Seasonal Variation of Volatile Composition and Odor Activity Value of ‘Marion’ (*Rubus* spp. hyb) and ‘*Thornless Evergreen*’ (*R. laciniatus* L.) Blackberries. **Journal of Food Science**, 70, C13-C20.2005.

RAUSCEDO. Vivai Cooperativi. Catalogo Generale Vitis Rauscedo. 136p.2007.

REYNOLDS, A.G. (Ed.). Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry. Elsevier, Cambridge, UK, p. 425. 2015. <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-075-0.01002-4>>

RIBEIRO, I.J.A. Doenças e pragas. In: POMMER, C.V. **Uva: Tecnologia de produção, Pós-colheita, Mercado.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 525-634p. 2003.

RIBERAU-GAYON, J.; PEYNAUD, E. **Traité d’Ampélogie. Sciences et Techniques de la Vigne.** Tome I: Biologie de la Vigne, Sols de Vignobles. Ed. Dunot, Paris.1971.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Handbook of Enology:** the microbiology of wine and vinifications. 2ed. v. 1. Wiley & Sons, 429 p. 2006.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Cabernet Franc para elaboração de vinho tinto. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 21, n.2, p. 249-255, mai/ago. 2001.

ROBINSON, J.; HARDING, J.; VOUILLAMOZ, J. **Wine Grapes.** New York: Harper Collins, 2012.

ROBINSON, J. **Guide to Wine Grapes.** London: Oxford University Press. 236p.1996.

ROGIERS, S. Y.; HARDIE, W. J.; SMITH, J. P. Stomatal density of grapevine leaves (*Vitis vinifera* L.) responds to soil temperature and atmospheric carbon dioxide. **Aust. J. Grape Wine Res.** 17, 147-152. 2011.

ROTEM, J. Climatic and Weather influences on epidemics. In: HORSFAL, J.G.; COWLING, E.B. (Ed.) **Plant disease.** Na advanced treatise. New York: Academic Press, V. 2, p. 317-334.1978.

ROSIER, J.P.; CARNEIRO, M.; MIOTTO, R. Teores de resveratrol em vinhos sul americanos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003,

Bento Gonçalves. **Anais Eletrônicos**...Bento Gonçalves, 2003a. Disponível em: < <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/anais/cbve10/cbve10-resumos2pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2012.

ROUSSEAU, J.; CHANFREAU, S.; BONTEMPS, É. Les Cépages Résistants and Maladies Cryptogamiques. **Groupe ICV**, Bordeaux, pp. 228. 2013.

VACCARI, N.F. de S.; SOCCOL, M.C.H.; IDE, G.M. Compostos fenólicos em vinhos e seus efeitos antioxidantes na prevenção de doenças. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.8, n.1, p. 71-83, 2009.

VANDERPLANK, J.E. **Plant Diseases: epidemics and control**. New York NY. Academic Press. 1963.

VEZZULLI, S., VECCHIONE, A., STEFANINI, M., ZULINI, L. Downy mildew resistance evaluation in 28 grapevine hybrids promising for breeding programs in Trentino region (Italy). **European Journal of Plant Pathology**. V. 150, p. 485-495, 2017.

VEZZULLI, S.; MALACARNE, G.; MASUERO, D.; VECCHIONE, A.; DOLZANI, C.; GOREMYKIN, V.; MEHARI, Z.H.; BANCHI, E.; VELASCO, R.; STEFANINI, M.; VRHOVSEK, U.; ZULINI, L.; FRANCESCHI, P.; MOSER, C. The Rpv3-3 Haplotype and Stilbenoid Induction Mediate Downy Mildew Resistance in a Grapevine Interspecific Population. **Front. Plant Sci**. 2019.

SCHWANDER F.; et al. Rpv10: a new locus from the Asian Vitis gene pool for pyramiding downy mildew resistance loci in grapevine. **Theor Appl Genet** 124:163–176. 2012.

SCHWAB, A. L., KNOTT, R., SCHOTTDORF, W. Results from new fungus-tolerant grapevine varieties for organic viticulture. **Proceedings 6th International Congress on Organic Viticulture**. Helga Willer und Urs Meier (Eds.). 25-26 August 2000 Basel (Switzerland). 2000.

SIEGFRIED, W.; TEMPERLI, T. Piwi-Reben im vergleich—ein wischenbericht. Schweiz. Z. **Obst Weinbau** 17, 6–9. 2008.

SIVCEV, B.V.; SIVCEV, I.L.; RANKOVIĆ-VASIĆ, Z.Z. Natural process and use of natural matters in organic viticulture. **J. Agric. Sci**. 55, 195–215. 2010.

SMART, R.; ROBINSON, M. **Sun Light into Wine**; a Handbook for Winegrape Canopy Management Adelaide, Australia: Winetitles, pp.72. 1991.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L. da R. Doenças fúngicas da videira e seu controle. (2004). Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/viticultura/doevid.html>> Acesso em: 15 maio 2014.

SPÓSITO, M.B. Dinâmica temporal e espacial da mancha-preta (*Guignardia citricarpa*) e quantificação dos danos causados à cultura dos citros. **Tese (Doutorado)**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 112p. 2003.

SOTOLĂŢ, R. Comparison of grape seedlings population against downy mildew by using different provocation methods. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, 35, 61–68. 2007.

SPRING, J. L. Premières expériences avec les cépages interspécifiques Merzling, Johanniter, Bronner et Solaris en Suisse romande. **Revue Suisse de Viticulture Arboriculture Horticulture**, 33, 57–64. 2001.

STAUDT, G.; KASSEMAYER, H. H. Evaluation of downy mildew (*Plasmopara viticola*) resistance in various accessions of wild *Vitis* species. *Vitis* **34**, 225–228. 1995.

STEFANINI, M. et al. Indagine sulle caratteristiche di vitigni ibridi coltivati in Trentino. **Proceedings Quinto Congresso Internazionale sulla Viticoltura di montagna e in forte pendenza**. Conegliano Treviso-Veneto – Italia. 2017. Disponível em: <https://www.montagneinrete.it/uploads/tx_gorillary/atti_poster-quinto-congresso-internazionale-sulla-viticolutra-di-montagna-e-in-forse-pendenza_1491471377.pdf> Acesso em: 06 de junho de 2019.

SUGANO, S. S.; SHIMADA, T.; IMAI, Y.; OKAWA, K.; TAMAI, A.; MORI, M.; HARA-NISHIMURA, I. Stomagen positively regulates stomatal density in Arabidopsis. **Nature**, 463, 241–244. 2010.

SWANEPOEL, J. J.; VILLIERS, C. E. A numerical taxonomic classification of *Vitis* spp. and cultivars based on leaf characteristics. **S. Afr. J. Enol. Vitic.** 8, 31–35. 1987.

TICHÀ, I. Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves. 7. Stomata density and sizes. **Photosynthetica** 16, 375–471. 1982.

TOFFOLATTI, S. L.; VENTURINI, G.; MAFFI, D.; VERCESI, A.; Phenotypic and histochemical traits of the interaction between *Plasmopara viticola* and resistant or susceptible grapevine varieties. **BMC Plant Biol.** 12, 124. 2012.

TOPFER, R.; HAUSMANN, L.; EIBACH, R. Molecular breeding. In: genetics. **Genomics and Breeding of Grapes: Science Publisher**. 2011.

WINKLER, A. The relation of leaf area and climate to vine performance and grape quality. **Am. J. Enol. Vitic.** 9, 10–23. 1958.

WELTER, L.J. et al. Genetic mapping and localization of quantitative trait loci affecting fungal disease resistance and leaf morphology in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Mol Breed**, 20:359– 374. 2007.

WENTWORTH, M.; MURCHIE, E. H.; GRAY, J. E.; VILLEGAS, D.; PASTENES, C.; PINTO, M.; HORTON, P. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. II. Acclimation of photosynthesis. **J. Exp. Bot.** 57, 699–709. 2006.

ZHENG, L. Y.; SUN, G. M.; LIU, Y. G.; LV, L. L.; YANG, W. X.; ZHAO, W. F.; WEI, C.B. Aroma Volatile Compounds from Two Fresh Pineapple Varieties in China. **International Journal of Molecular Sciences**, 13, 7383–7392. 2012.

ZANGHELINI, J. A. et al. Response of PIWI grapevine cultivars to downy mildew in highland region of southern Brazil. **Eur J Plant Pathol**, <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01725-y>. 2019.

ZULINI, L.; VECCHIONE, A.; ANTONELLI, L.; & STEFANINI, M. Characteristics of wine and table grapevine hybrids tested for cultivation in Trentino (northern Italy). **IOBC/WPRS Bulletin**, 36, 215–219. 2008.